Max Planck's Writings on Music: Translation and Commentary

Peter Pesic[1]

St. John's College

Though famous for his introduction of the quantum in physics, the activities of Max Planck (1858–1947) in music long went almost unnoticed.[2] In order to make these writings more accessible, this article presents an annotated edition and translation of Planck's two extant papers on music theory.

An exemplary *Kulturträger*, highly cultivated and especially devoted to music, Planck was a pianist of considerable skill. As a student, he had composed songs and even an entire operetta that was performed in the musical evenings that were fixtures of professorial life in those days; he conducted choruses and orchestras, played the organ at church services, and studied harmony and counterpoint. (Heilbron 1986, 3, 34) He wondered whether he should pursue a career in music, rather than in physics. In 1877, he spent a student year in Berlin, where he studied with Hermann von Helmholtz, reading thermodynamics and eventually becoming a close friend, participating in Helmholtz's frequent musical evenings. (Planck 1949a, 15, 24–25; Planck 1949b, 7) During that period, Helmholtz had just completed his own synthetic investigation of sound, color, and space, including his magisterial *Tonempfindungen* (Helmholtz 1865;

[1] St. John's College, 1160 Camino de la Cruz Blanca, Santa Fe, NM 87505 USA; pdpesic@gmail.com. I would like to express my deepest thanks to Frank Heidlberger, Alexandra Hui, Wayne Foster Smith, and Susan Stickney for their generous and invaluable help correcting and improving these translations. I also thank the John Simon Guggenheim Memorial Foundation for its support.

[2] John Heilbron included music in Planck's biography (1986), Erwin Hiebert (2003) placed Planck's musical writings in their scientific and cultural context, Karl Traugott Goldbach (2007) discussed Arthur von Oettingen's and Planck's common interest in the harmonium; Alexandra Hui's pioneering work (2013) gave sustained consideration to Planck's writings about music.

Helmholtz 1954); Planck surely followed these developments closely, both as a student and admirer of Helmholtz and out of his own deep-seated philosophical interests. (Steege 2012; Hui 2013b, 55–87; Pesic 2013)

After Planck returned to Berlin in 1889 as a professor, his own home music-making included Joseph Joachim and Albert Einstein. Every other week he conducted an informal chorus that included his children, neighbors, and friends. Ironically, the very sensitivity that made him feel music so deeply also made it hard for him to endure anything less than absolute perfection in intonation. According to the recollections of his friends, Planck's sense of pitch was so acute that he could scarcely enjoy even a professional concert, but, in the view of Heilbron (1986, 34), "like his politics and his thermodynamics, his ear gradually lost its absolutism and allowed him greater satisfaction."

In his early scientific work (1887–1893), Planck was largely responsible for showing the practical consequences of the concept of entropy in physical chemistry.

> At this turning point, by a sheer whim of fate, no sooner had I reported to my post in Berlin [in 1893] than I was temporarily assigned a task in a field quite remote from my self-chosen special branch of physics. Just at that time, the Institute for Theoretical Physics happened to receive a large harmonium, of pure untempered tuning, a product of the genius of Carl Eitz, a public school teacher in Eisleben, built by the Schiedmayer piano factory of Stuttgart for the Ministry. I was given the task of using this musical instrument for a study of the untempered, "natural" scale. (Planck 1949a, 26)

Planck received this task because of his well-known musical interests and acute sense of pitch, despite his lack of prior experimental engagement in acoustics. Helmholtz (1954, 316) had used a Schiedmayer harmonium as "peculiarly suitable for experiments on a more perfect system of tones." He concluded (314) that "every professional and even every amateur musician" would judge equal tempered thirds to be "horribly out of tune," compared to natural intervals. Nonetheless, Johannes Brahms dismissed these demonstrations, remarking that "in musical things, [Helmholtz] is an enormous dilettante." (Swafford 1997, 509–510; Hui 2013b, 75–78)

Planck thus stepped into a lively contemporary controversy, using the new harmonium Helmholtz had ordered for further research. That a full professor of physics in Berlin would be seconded to this musical investigation shows the continuing importance of Helmholtzian acoustics, with its strong connection to musicological issues of

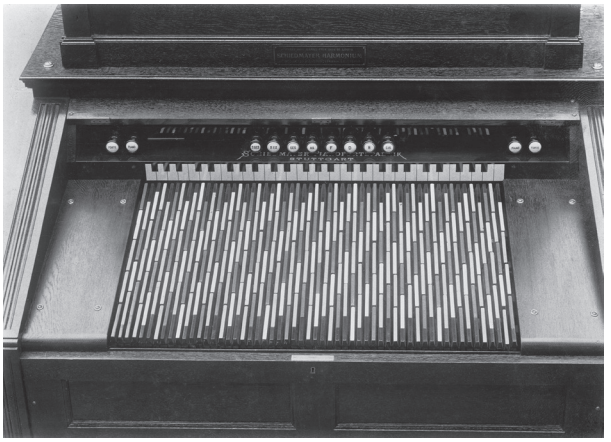
theory and practice. Planck took to his project with "keen interest," relishing his mediation between music and physics. (Planck 1949a, 26–27) His first 1893 paper describes the Eitz harmonium, which divided the octave into 104 steps (using 52 keys), thus allowing the performance of many kinds of temperament (figure 1).

For Planck, playing this nonstandard keyboard was easy "with a little practice," as he modestly put it. Indeed, Planck treats this keyboard as a *Tonnetz* in just temperament (example 1, below); though he does not mention Hugo Riemann, he does cite the physicist and music theorist Arthur von Oettingen. (Goldbach 2007)

Initially, Planck, like Helmholtz, assumed that highly skilled musicians with good ears would naturally prefer "perfect" intervals to equal temperament. Planck's ensuing investigation was the only experimental work he ever did; he was the first to occupy a chair of purely theoretical physics in Berlin. Planck's 1893 paper "Natural Tuning in Modern Vocal Music" appeared in a musicological journal, showing the depth of his musical knowledge and his experience as a choral conductor. By remarking on the universal acceptance of "tempered tuning," he gives a significant piece of evidence that by 1893 some form of equal temperament was expected. (Cf. Duffin 2007). Planck's initial observations on tuning problems in a motet by Heinrich Schütz show his contact with the older repertoire being brought forward by Philipp Spitta and others. (Rehding 2009, 141–167) Planck then constructed his own musical experiments, whose results were more ambiguous; the pitch fall or rise did not materialize as would have been anticipated had the singers always reverted to natural tuning. He concluded that singers tend to revert to the tempered tuning to which they had been long habituated, rather than to "natural" tuning.

This was arguably the first really surprising result Planck had obtained in his research career so far, contradicting Helmholtz as well as his own expectations. (Hiebert 2003, 102–106) In his autobiography (1949, 27), Planck immediately turns from this "unexpected" discovery back to his involvement in thermodynamic issues, especially those that emerged the following year (1894) concerning black-body radiation, leading to his postulation of the quantum in 1899–1900. Though outwardly Planck's musical investigations seem unrelated to his work in thermodynamics, his autobiography includes both in his ongoing stream of scientific activity. The connections and contrasts that emerge shed a new light on Planck's development, helping us understand how this cautious and conservative man found himself advancing the most controversial innovation of modern physics.

Figure 1: An Eitz harmonium, with detail of its keyboard (Photo Deutsches Museum, Munich).



Until his musical work of 1893–1894, Planck had (against the powerful arguments of Ludwig Boltzmann) resolutely maintained the absolute validity of the second law of thermodynamics, upholding entropy alongside energy as mainstays of deterministic mechanics. (Heilbron 2007) His work on temperament was the first place in which his sense of the absolute was truly challenged. Initially prepared to believe in the absoluteness of natural tuning, his own musical experiments led him to the opposite conclusion: the conventions of tempered tuning outweighed the claim of the "natural." His results were nuanced: though natural tuning does, in fact, have some sway over music, he realized that musicians gravitate to tempered tuning out of habit and he himself found those "unnatural" tempered intervals more expressive. Not only did he observe his singers revert to tempered triads, he realized that he too preferred tempered tuning, formed by the conventions he grew up with.

For someone so devoted to the absolute, these musical results were disquietingly relativistic. Planck's musical realization resonated through his work as he sought a unified conception of the forces of nature, in accord with more general Wilhelmian views about the unity of knowledge. (Heilbron 1986, 4) As Hui (2013) puts it, his "conception of sound sensation fit into this widening space between world of physics and the sense world based on human mensuration." In the end, Planck referred the question

of temperament to the priority of artistic freedom over theoretical conventions. In the process, he confronted the power of historicity, despite his preference for the timeless absolute. Though the fuller effects of Planck's musical work on his quantum theory require a larger treatment than is possible here (Pesic 2014), I hope these translations will help a wider circle of readers to gain access to his original writings.

References

Chladni, Ernst Florens Friedrich. 1830. *Die Akustik*. Leipzig, Breitkopf & Härtel.

Duffin, Ross W. 2007. *How Equal Temperament Ruined Harmony (and Why You Should Care)*. New York: W. W. Norton & Co.

Eitz, Carl. 1891. *Das mathematisch-reine Tonsystem*. Leipzig: Breitkopf & Härtel.

Goldbach, Karl Traugott. 2007. "Arthur von Oettingen und sein Orthotonophonium im Kontext." In *Tartu Ülikooli Muusikadirektor 200*, edited by Geiu Rohtla. Tartu.

Heilbron, J. L. 1986. *The Dilemmas of an Upright Man: Max Planck as Spokesman for German Science*. Berkeley, Calif.: University of California Press.

———. 2007. "Max Planck's Compromises on the Way to and from the Absolute." In *Quantum Mechanics at the Crossroads: New Perspectives from History, Philosophy and Physics*, edited by James Evans and Alan S. Thorndike, 21–37. Berlin: Springer.

Helmholtz, Hermann von. 1865. *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. 2nd ed. Braunschweig: Vieweg.

———. 1877. *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. 4th ed. Braunschweig: F. Vieweg.

———. 1954. *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*. Edited by Alexander John Ellis. New York: Dover Publications.

Hiebert, Erwin. 2003. "Science and Music in the Culture of Late 19th Century Physicists. The Role and Limits of the Scientific Analysis of Music." In *Science and Cultural Diversity: Proceedings of the XXIst International Congress of History of Science, Mexico City, 7-14 July 2001*, edited by Juan José Saldaña, 97–109. Mexico City: Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología.

Hui, Alexandra. 2013a. "Changeable Ears: Ernst Mach's and Max Planck's Studies of Accommodation in Hearing." *Osiris* 28: 119–145.

———. 2013b. *The Psychophysical Ear: Musical Experiments, Experimental Sounds, 1840–1910*. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Oettingen, Arthur von. 1866. *Harmoniesystem in dualer Entwickelung: Studien zur Theorie der Musik*. Dorpat: Gläser.

Pesic, Peter. 2013. "Helmholtz, Riemann, and the Sirens: Sound, Color, and the 'Problem of Space'." *Physics in Perspective* 15: 256–294.

———. 2014. *Music and the Making of Modern Science*, chapter 17. MIT Press.

Planck, Max. 1893a. "Ein neues Harmonium in natürlicher Stimmung nach dem System C. Eitz." *Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft Berlin* 12: 8–9.

———. 1893b. "Die natürliche Stimmung in der modernen Vokalmusik." *Vierteljahrsschrift für Musikwissenschaft* 9: 418–444.

———. 1949a. *Scientific Autobiography and Other Papers*. New York: Philosophical Library.

———. 1949b. *Vorträge und Erinnerungen*. Stuttgart: S. Hirzel.

———. 1958. *Physikalische Abhandlungen und Vorträge*. Braunschweig,: F. Vieweg.

Rehding, Alexander. 2009. *Music and Monumentality: Commemoration and Wonderment in Nineteenth-century Germany*. Oxford: Oxford University Press.

Schütz, Heinrich. 1885. *Sämmtliche Werke*. Edited by Philipp Spitta. Leipzig: Breitkopf & Härtel.

Steege, Benjamin. 2012. *Helmholtz and the Modern Listener*. Cambridge: Cambridge University Press.

Steiner, Joachim. 1891. *Grundzüge einer neuen Musik-Theorie*. Wien: A. Hölder.

Stumpf, Carl. 1890. *Tonpsychologie*. Leipzig: S. Hirzel.

Swafford, Jan. 1997. *Johannes Brahms: A Biography*. New York: Alfred A. Knopf.

Tanaka, Shohé. 1890. *Studien im Gebiete der reinen Stimmung*. Leipzig: Breitkopf & Härtel.

Wild, Jonathan, and Peter Schubert. 2008. "Historically Informed Retuning of Polyphonic Vocal Performance." *Journal of Interdisciplinary Music Studies* 2: 121–139.

Ein neues Harmonium in natürlicher Stimmung nach dem System von C. Eitz

Max Planck

Das Instrument ist von Hrn. Carl Eitz in Eisleben construirt, von der Pianofortefabrik Schiedmayer in Stuttgart im Auftrag der preussischen Staatsregierung erbaut und dem Institut für theoretische Physik in Berlin überwiesen worden, wo es mit gütiger Erlaubniss des Hrn. A. Kundt im physikalischen Institut der Universität aufgestellt ist.

Der Umfang beträgt 4 ½ Octaven: vom Contra *F* bis zum dreigestrichenen *c*. Jede Octave enthält 104 verschiedene Töne, welche in folgendem Schema[1] veranschaulicht sind.

I	gis^{-4}	dis^{-4}	ais^{-4}	eis^{-4}	his^{-4}	$fisis^{-4}$	$cisis^{-4}$	$gisis^{-4}$	$disis^{-4}$	$aisis^{-4}$	$eisis^{-4}$	$hisis^{-4}$	$fisisis^{-4}$
II	h^{-3}	fis^{-3}	cis^{-3}	gis^{-3}	dis^{-3}	ais^{-3}	eis^{-3}	his^{-3}	$fisis^{-3}$	$cisis^{-3}$	$gisis^{-3}$	$disis^{-3}$	$aisis^{-3}$
III	d^{-2}	a^{-2}	e^{-2}	h^{-2}	fis^{-2}	cis^{-2}	gis^{-2}	dis^{-2}	ais^{-2}	eis^{-2}	his^{-2}	$fisis^{-2}$	$cisis^{-2}$
IV	f^{-1}	c^{-1}	g^{-1}	d^{-1}	a^{-1}	e^{-1}	h^{-1}	fis^{-1}	cis^{-1}	gis^{-1}	dis^{-1}	ais^{-1}	eis^{-1}
V	as^{0}	es^{0}	b^{0}	f^{0}	c^{0}	g^{0}	d^{0}	a^{0}	e^{0}	h^{0}	fis^{0}	cis^{0}	gis^{0}
VI	ces^{+1}	ges^{+1}	des^{+1}	as^{+1}	es^{+1}	b^{+1}	f^{+1}	c^{+1}	g^{+1}	d^{+1}	a^{+1}	e^{+1}	h^{+1}
VII	$eses^{+2}$	bb^{+2}	fes^{+2}	ces^{+2}	ges^{+2}	des^{+2}	as^{+2}	es^{+2}	b^{+2}	f^{+2}	c^{+2}	g^{+2}	d^{+2}
VIII	$geses^{+3}$	$deses^{+3}$	$ases^{+3}$	$eses^{+3}$	bb^{+3}	fes^{+3}	ces^{+3}	ges^{+3}	des^{+3}	as^{+3}	es^{+3}	b^{+3}	f^{+3}

Jede Horizontalreihe enthält reine Quinten bez. Quarten, jede nach rechts aufsteigende Diagonalreihe grosse Terzen bez. kleine Sexten, und daher jede nach rechts absteigende Diagonalreihe kleine Terzen bez. grosse Sexten. Die Exponenten 0, +1, –1, … beziehen sich auf die Tonunterschiede in Vielfachen eines syntonischen Komma (81/80). Auch das pythagoräische Komma (ca. 74/73) lässt sich auf dem Instrument angeben, z. B. as^{0} gis^{0}, ebenso das Schisma (ca. 887/886), z. B. f^{0} eis^{-1}, [436] nahezu auch die natürliche Septime (7/4), z. B. g^{0} f^{+1}, welches Intervall noch um ca. 301/300 zu gross ist.

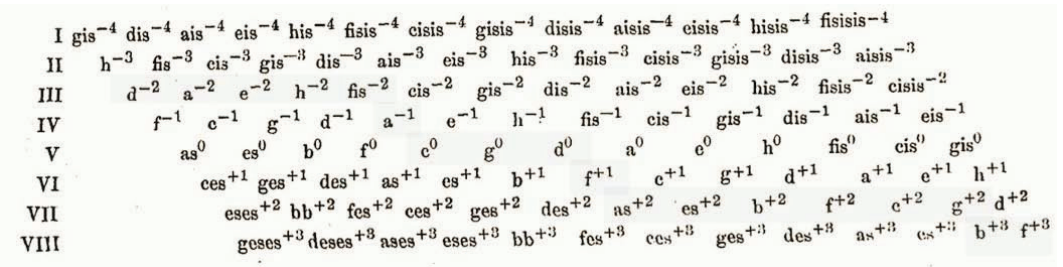
[1] Vgl. (Oettingen 1866; Tanaka 1890; Eitz 1891).

A New Harmonium in Natural Tuning, using the System of C. Eitz[1]

Max Planck

The instrument was constructed by Mr. Carl Eitz in Eisleben, built in the Schiedmayer piano factory in Stuttgart at the commission of the Prussian State Government and was transferred to the Institute of Theoretical Physics in Berlin, where it was installed in the Physical Institute of the University with the kind permission of Mr. A. Kundt.

The compass comprises 4 ½ octaves: from contra F to c'''. Each octave includes 104 diverse notes, which are visualized in the following drawing.[2]


I gis^{-4} dis^{-4} ais^{-4} eis^{-4} his^{-4} fisis^{-4} cisis^{-4} gisis^{-4} disis^{-4} aisis^{-4} cisis^{-4} hisis^{-4} fisisis^{-4}
II h^{-3} fis^{-3} cis^{-3} gis^{-3} dis^{-3} ais^{-3} eis^{-3} his^{-3} fisis^{-3} cisis^{-3} gisis^{-3} disis^{-3} aisis^{-3}
III d^{-2} a^{-2} e^{-2} h^{-2} fis^{-2} cis^{-2} gis^{-2} dis^{-2} ais^{-2} eis^{-2} his^{-2} fisis^{-2} cisis^{-2}
IV f^{-1} c^{-1} g^{-1} d^{-1} a^{-1} e^{-1} h^{-1} fis^{-1} cis^{-1} gis^{-1} dis^{-1} ais^{-1} eis^{-1}
V as^{0} es^{0} b^{0} f^{0} c^{0} g^{0} d^{0} a^{0} e^{0} h^{0} fis^{0} cis^{0} gis^{0}
VI ces^{+1} ges^{+1} des^{+1} as^{+1} es^{+1} b^{+1} f^{+1} c^{+1} g^{+1} d^{+1} a^{+1} e^{+1} h^{+1}
VII eses^{+2} bb^{+2} fes^{+2} ces^{+2} ges^{+2} des^{+2} as^{+2} es^{+2} b^{+2} f^{+2} c^{+2} g^{+2} d^{+2}
VIII geses^{+3} deses^{+3} ases^{+3} eses^{+3} bb^{+3} fes^{+3} ces^{+3} ges^{+3} des^{+3} as^{+3} es^{+3} b^{+3} f^{+3}

[Example 1. Planck's diagram of the layout of the Eitz harmonium, with a gray overlay added to show the sequence of keys in his examples 4 and 5, below.]

Each horizontal row contains pure fifths or fourths, respectively, each diagonal rising to the right major thirds or minor sixths, respectively, and thus each diagonal descending to the right contains minor thirds or major sixths. The exponents 0, +1, −1, … refer to the pitch deficit in multiples of a syntonic comma (81/80). The Pythagorean comma (ca. 74/73) can be played on the instrument, for instance *as*^{0} *gis*^{0} [A♭^{0}G♯^{0}], as well as the schisma (ca. 887/886), for instance *f*^{0} *eis*$^{-1}$ [F^{0} E♭$^{-1}$], also nearly the natural seventh (7/4), for instance *g*^{0} *f*$^{-1}$ [G^{0} F^{-1}], which is still about 301/300 too large.

[1] [My translation of Planck 1893a, reprinted in Planck 1958, 1: 435–436. All notes in square brackets are my own (including the original pagination); other notes are by Planck.]

[2] See Oettingen 1866; Tanaka 1890; Eitz 1891. [See also Goldbach 2007; Hui 2013b, 67–74]

Zur Hervorbringung dieser 104 Töne dienen 52 Tasten in der Octave, von denen 13 grün, 13 blau, 13 weiss und 13 roth gefärbt sind. Die grünen Tasten geben die 13 Töne der Quintenreihe I oder die der Quintenreihe V, je nach der Stellung eines Zuges, indem jede Taste auf einen der in correspondirender Lage befindlichen Töne beider Reihen anspricht (z. B. auf gis^{-4} oder auf as^{0}), die blauen Tasten geben die Töne der Reihe II oder die der Reihe VI, die weissen die Töne der Reihe III oder der Reihe VII, und die rothen die der Reihe IV oder der Reihe VIII. Man kann also durch Registerstellung 4 beliebige Quintenreihen, die verschiedenfarbigen Tasten entsprechen, miteinander combiniren.

Die Anordnung der Tasten auf dem Manual richtet sich nach der Tonhöhe, wie auf den gewöhnlichen temperirten Instrumenten, indem die Tasten mit nur kommatisch verschiedenen Tönen (z. B. c^{-1} c^{0} c^{+1} his^{-2}) hintereinander angebracht sind. Der Mechanismus functionirt zufriedenstellend, die Spielart ist bei einiger Uebung verhältnissmässig bequem.

Der Vortragende besprach sodann einige beim Studium des Instruments gesammelte Erfahrungen von musikalischer Bedeutung, mit deren weiterer Ausarbeitung er gegenwärtig noch beschäftigt ist, und belegte dieselben durch verschiedene Beispiele.

To produce these 104 notes, there are 52 keys in an octave of which 13 are colored green, 13 blue, 13 white, and 13 red. The green keys give the 13 notes of the fifth-row I or those of the fifth-row V, depending upon the position of a stop [Zug] in which every key refers to one of the notes found in the corresponding position in both rows (for instance, starting on *gis*$^{-4}$ [G♯$^{-4}$, row I] or on *as*^{0} [A♭^{0}, row V]); the blue keys give the notes of row II or row VI, the white of row III or row VII, and the red of row IV or row VIII. Through placement in the correct register, one can also combine with one another 4 arbitrary fifth-rows, in accordance with the various colored keys.

The ordering of the keys on the manual is governed by pitch, as on ordinary tempered instruments, in that the keys notes differing only by a comma (for instance, *c*$^{-1}$ *c*^{0} *c*$^{+1}$ *his*$^{-2}$ [C^{-1} C^{0} C^{+1} B♯$^{-2}$]) are arranged underneath one another. The mechanism functions satisfactorily; with a little practice, the technique of playing is comparatively easy.

The author then discussed some observations of musical significance acquired by studying the instrument, with whose further completion he is presently occupied, and will demonstrate these through various examples.

Die natürliche Stimmung in der modernen Vokalmusik

Max Planck

I.

Die Frage, ob der natürlichen Stimmung in der modernen Musik irgend eine praktische Bedeutung zukommt, trifft gegenwärtig in Musikerkreisen, soweit sich dieselben überhaupt mit ihr beschäftigen, noch auf sehr verschiedenartige Beurtheilung. Wohl die überwiegende Mehrzahl hält daran fest, daß es sich hier um geringfügige Unterschiede von mehr theoretischem Interesse handelt und daß in der praktischen Ausübung der Kunst weder heute noch auch in Zukunft sich irgend eine Veranlassung ergeben wird, eine andere als die nun schon durch mehr als zwei Jahrhunderte mit so glänzendem Erfolge bewährte temperirte Stimmung zu berücksichtigen. Daneben zeigen sich allerdings einzelne widersprechende Erscheinungen: so wird von aufmerksamen Geigenspielern ziemlich allgemein zugegeben, daß es gewisse Fälle giebt, wo ein Doppelgriff besser klingt, wenn er nicht genau im temperirten Intervall, sondern etwas abweichend davon genommen wird, und erfahrene Chordirigenten wissen, daß beim *a cappella*-Gesang in einem *piano* ausgehaltenen Durdreiklang die Terz leicht etwas zu tief genommen wird. Andere betrachten dagegen diese Erscheinungen nicht als sekundär, sondern gerade als die normalen: ich habe öfters von sachkundiger Seite die Ansicht aussprechen und sogar als ziemlich selbstverständlich hinstellen hören, daß das Streichquartett und der mehrstimmige Gesang sich immer nach der natürlichen Stimmung richte. Einige Theoretiker gehen sogar so weit, der temperirten Stimmung überhaupt jede Berechtigung abzusprechen, da sie sich von den natürlichen Verhältnissen entferne und sozusagen dem Ohr etwas vorlüge—ein Standpunkt, der sich allerdings Angesichts der thatsächlichen Leistungen der temperirten Stimmung von selber richtet.

Natural Tuning in Modern Vocal Music[3]

Max Planck

I.

The question whether natural tuning has any practical significance for modern music presently meets with different sorts of judgments in musical circles, as far as they have been occupied with them.[4] Probably the vast majority hold firmly that this is a minor difference of merely theoretical interest and that neither now nor in future will any occasion arise in the practical exercise of the art to take account of any other tuning than the reliable tempered tuning, which has had such brilliant results now for more than two centuries. In addition, though, some contradictory phenomena emerge: it is quite commonly conceded by attentive violin players that there are certain cases where a double-stop sounds better when it is not exactly in tempered pitch, but a little deviating, and experienced choral conductors know that in singing a cappella a *piano* sustained major triad, the third easily is taken a little too flat. On the other hand, others regard these phenomena not as secondary, but just as normal: I have frequently heard professionals express the view as almost self-evident that string quartets and polyphonic singing always settle on the natural tuning. Some theorists even go so far as to deny any justification to tempered tuning because it is distant from natural conditions and somewhat lies to the ears, so to speak—a view that condemns itself, however, in light of actual performances of temperate tuning.

[3] [My translation of Planck 1893b, a work not included in Planck's collected papers (1958).]

[4] [I have throughout rendered *Stimmung* as "tuning," comprising "Pythagorean tuning," in which the octave (2:1), fifth (3:2), and fourth (4:3) are pure intervals, while the other steps are composed of unequal "major" and "minor" tones and semitones; Planck's "tempered tuning [*tempierte Stimmung*]" is our "equal temperament," the division of the octave (2:1) into twelve mathematically equal semitones (each); his "natural tuning [*natürliche Stimmung*]" corresponds to "just intonation," which has pure fourths, fifths, and octaves, but simpler whole and half steps than Pythagorean temperament.]

[419] Versucht man, in den Gegenstand der beregten [sic; bewegten] Meinungsverschiedenheiten tiefer einzudringen, so erhellt sogleich, daß es sich hier um zwei von einander gänzlich verschiedene Untersuchungen handelt: die eine betrifft die Frage, welche Stimmung in der Musik jetzt oder in Zukunft die grösste Berechtigung hat, die andere die, welche Stimmung in der Musik, so wie wir sie gegenwärtig etwa in Konzerten und Theatern zu hören bekommen, thatsächlich zur Anwendung kommt. Die Beantwortung der ersten Frage ist ungleich schwieriger und überhaupt nur bis zu einer gewissen Grenze möglich, da sie jedenfalls auch ein Eingehen auf die dem Wechsel der Zeit in hohem Grade unterworfenen ästhetischen Wirkungen des Zusammenklangs erfordert; sie hat überdies die Beantwortung der zweiten Frage zur nothwendigen Voraussetzung; denn es ist nicht denkbar, daß man im Stande sein sollte, Vorschriften über die Ausübung der Kunst zu machen, wenn man sich nicht vollkommen klar darüber ist, auf welche thatsächlich bestehenden Verhältnisse diese Vorschriften angewendet werden sollen, und welche Veränderungen daher ihre Befolgung hervorrufen wird. Vielleicht ist auch der Umstand, daß sich die bisherigen Untersuchungen auf diesem Gebiete vorwiegender mit der Frage beschäftigt haben, was sein s o l l, als mit der, was wirklich i s t, mit ein Grund dafür, daß sie auf die praktische Musik bisher keinen merklichen Einfluß ausgeübt haben.

Im Folgenden werde ich mich hauptsächlich mit der Untersuchung der Thatsachen, also mit der in der Musik gegenwärtig zur Anwendung kommenden Stimmung beschäftigen. Daß eine solche Untersuchung nicht überflüssig ist, zeigt das diametrale Auseinandergehen der im Eingang erwähnten Ansichten; eher ließe sich gegen sie einwenden, daß sie zu komplicirt ist, um überhaupt ein bestimmtes Resultat zu versprechen. Denn der einzige Weg zur vollständigen Lösung der gestellten Aufgabe wäre offenbar der, daß man von Ort zu Ort ginge und überall die Leistungen von Chören und Orchestern in der Wiedergabe möglichst verschiedenartiger Kompositionen nach einer zuverlässigen Methode prüfte und zusammenstellte, und es ist keinesfalls zu erwarten, daß die Resultate überall ganz übereinstimmend lauten würden, schon wegen der Verschiedenwerthigkeit des Materials und der Vorführungen. Aber es wäre doch schon viel gewonnen, wenn es gelänge, etwa in bestimmten Fällen und bei den besten Leistungen, irgend ein allgemeines Gesetz in Bezug auf die zur Anwendung kommende Stimmung aufzustellen; und selbst wenn dies sich als unmöglich herausstellen sollte, wenn also die musikalische Praxis gänzlich regellos schwanken würde zwischen der natürlichen, der temperirten, der pythagoreischen und anderen [420] Stimmungen, so wäre die Erkenntniß dieser Thatsache an sich wohl schon einer derartigen Untersu-

[419] If one tries to penetrate deeper into the subject of this heated difference of opinions, immediately two entirely different issues come to light: one concerns the question which tuning has the greater justification, either now or in the future, the other concerns which tuning actually is presently used and heard in concerts and theaters. Answering the first question is much more difficult and generally possible only up to a certain limit because to a high degree it also requires in each case going into the aesthetic effects of the harmony, changing over time; moreover, the first question also necessarily presupposes answering the second, for it is inconceivable that one should be able to give prescriptions about the practice of art if one is not completely clear about which actual state of affairs these prescriptions ought to be applied and thus what changes would result from following them. Probably it is also the case that the previous investigations in these domains have preponderantly been occupied with the question of what *should* be, than what really *is*, on the grounds that until now [the question of temperament] has exercised no perceptible influence on practical music.

In the following, I will occupy myself mainly with the investigation of the facts, thus with the tuning that is presently used in music. That such an investigation is not superfluous is shown by the diametrically opposed views mentioned in the introduction; rather, one might object that this investigation is too complicated to permit any hopes of definite results at all. For the only path to a complete solution of the prescribed problem would evidently be that one would go from place to place and everywhere test and collect according to a reliable method the performances of choruses and orchestras in the rendering of the widest possible variety of compositions, though it is not to be expected that the results would be entirely consistent everywhere, because of the various degrees of worthiness of the material and performances. But it would still accomplish much were it possible, for example perhaps in certain cases and for the best performances, to establish some general law with regard to the tuning in use. Even if this turned out to be impossible and musical practice entirely randomly fluctuates between natural, tempered, Pythagorean, and other [420] tunings, the knowledge of this fact in itself would be worth such an investigation, not only for scientific but also for purely artistic reasons. For if one considers that, according to all our experiences, each step forward and each refinement in the performances of an art is most closely connected to the improvement and perfection of its technical means of

chung werth, und zwar nicht nur aus wissenschaftlichen, sondern auch aus rein künstlerischen Gründen. Denn wenn man bedenkt, daß jeder Fortschritt und jede Verfeinerung in den Leistungen einer Kunst nach allen unseren Erfahrungen aufs engste verbunden ist mit der Vermehrung und Vervollkommnung ihrer technischen Ausdrucksmittel—dies Wort im allgemeinsten Sinn genommen—, so erhellt sowohl für den schaffenden als auch für den reproducirenden Künstler die Wichtigkeit der Aufgabe, sich der Existenz und des Wirkungsbereiches dieser Ausdrucksmittel, zu denen die Musik in vorderster Linie die Stimmung zählt, bewußt zu werden; denn nur dann wird er sie in wirklich wirksamer, und nicht blos in eingebildeter Weise verwenden können.

Ich habe nun die angedeutete Untersuchung, allerdings in sehr beschränktem Rahmen, begonnen und bin dabei zu gewissen Resultaten gekommen, die ich unten mittheile und deren Bestätigung in weiterem Umfange bez. Einschränkung ich anderen Untersuchungen anheimstellen muß. Da es sich um die Prüfung von veränderlichen Intervallen handelt, so sind Instrumente mit festen Tönen, deren Stimmung ja unmittelbar bekannt ist, von ihr ausgeschlossen, und es bleiben übrig die Streichinstrumente und die menschliche Stimme. Von diesen habe ich nur die letztere untersucht, weil bei ihr eine Verschiedenheit der Stimmung im Allgemeinen jedenfalls eine noch größere Rolle spielen muß, als in der Streichmusik, deren leichtere Beweglichkeit den praktischen Einfluß der Genauigkeit der Intervalle häufig mehr zurücktreten läßt. Es kommt also im Folgenden auf die Messung gesungener Intervalle an, und zwar nicht im Laboratorium, sondern im Konzertsaal, durch welchen Umstand die Untersuchung einigermaßen erschwert wird, da man hier die Versuchsbedingungen nicht willkürlich variiren kann; als einzig ausführbare Messungsmethode erscheint die direkte Beurtheilung durch das Ohr. Allerdings muß das Gehör für derartige Beobachtungen zuvor besonders geschult werden, da es unter gewöhnlichen Umständen zu wenig empfindlich und zudem durch allerlei Einwirkungen mancherlei Täuschungen ausgesetzt ist. Zur Vermeidung derselben ist eine sorgfältige Vorbereitung nothwendig, und diese Vorbereitung bildet den schwierigsten, sowie auch ihre Besprechung den umfangreichsten Theil der ganzen Arbeit.

Vor allen Dingen muß das Ohr auch andere Intervalle als die temperirten des Klaviers und der Orgel kennen lernen, und zwar keine zufälligen Abweichungen, wie sie bei unreiner Musik vorkommen, sondern wohldefinirte Unterschiede, wie sie die natürliche [421] oder die pythagoreische Stimmung liefern. Für diesen Zweck stand mir als vorzüglich geeignet zur Verfügung ein großes Harmonium in natürlicher Stim-

expression (taken in the most general sense), then it is important both for the creative and the performing artist to become aware of the existence and range of effect of these means, among which music reckons tuning the foremost, for only then will the artist be able to utilize [these means] in a really effective and not purely fanciful way.

I have now begun the indicated investigation, although in a very restricted scope, and have come thereby to certain results that I communicate below and that I must submit for confirmation in the wider circumstances or limitations of other investigations. Because this involves the testing of variable intervals, instruments with fixed tones, whose tuning is immediately known, are excluded, leaving string instruments and the human voice. Among these I have only investigated the latter because for it a difference of tuning in general always must play an even greater role than in string music, whose easier flexibility frequently allows the practical influence of the precision of intervals to diminish. In the following, one will not be able to vary arbitrarily the experimental conditions of the measurement of sung intervals neither indeed in the laboratory nor in the concert hall, through which circumstance the investigation will to some extent become more difficult; the only practicable measurement method seems to be direct judgment by the ear. Of course, the hearing must previously be specially trained for such observations, which are scarcely perceptible under ordinary circumstances and are exposed besides to all sorts of deceptions through various influences. To avoid these, careful preparation is necessary, and this preparation, as well as its criticism, constitutes the most difficult and most extensive part of the whole work.

Above all, the ear must learn to recognize other intervals than the tempered intervals of the piano and organ, and certainly not the random deviations such as occur in impure music, but well-defined distinctions, such as natural [421] or Pythagorean tuning produce. For this purpose, a large harmonium in natural tuning has been excel-

mung, welches von dem Lehrer Carl Eitz in Eisleben erfunden und konstruirt und im Auftrag der preußischen Staatsregierung von der Pianofortefabrik Schiedmayer in Stuttgart erbaut worden ist. Die Tastatur dieses Instruments, welchem ich auch die Anregung zu der gegenwärtigen Untersuchung verdanke, habe ich in den Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin (Sitzung vom 20. Januar 1893) beschrieben[2]; hier will ich nur anführen, daß dasselbe 4 1/2 Oktaven, und in jeder Oktave 104 verschieden hohe Töne enthält, nämlich 8 verschiedene Quintenreihen, eine jede zu 13 Tönen (z. B. *as–es–b–f–c–g–d–a–e–h–fis–cis–gis).* Dabei sind je 2 benachbarte Quintenreihen um ein syntonisches Komma von einander verschieden. Man kann also auf diesem Instrument, was bisher noch in keiner derartigen Konstruktion erreicht wurde, 8 um natürliche Terzen von einander abstehende Töne angeben (z. B. *deses–fes–as–c–e–gis–his–disis),* ebenso die übrigen natürlichen und die pythagoreischen Intervalle. Aber auch jedes temperirte, sowie überhaupt jedes ganz beliebig gedachte Intervall kann man auf dem Instrument in festen Tönen angeben, da man die in so großer Anzahl verfügbaren Intervalle stets durch passende Kombination zu einem Intervall zusammensetzen kann, dessen Abweichung von dem gesuchten für das feinste Ohr unmerklich ist. So z. B. erhält man die temperirte große Terz bis auf den 68. Theil eines syntonischen Kommas genau durch Zusammensetzung von 9 reinen Quinten in aufsteigender Richtung und 6 natürlichen großen Terzen und 3 Oktaven in absteigender Richtung.—Die Reinheit und Haltbarkeit der Stimmung des Instruments ist ganz befriedigend, die Spielart in Anbetracht der zahlreichen Tasten verhältnißmäßig bequem; ein gewisser Mangel liegt darin, daß nebeneinanderliegende Töne häufig an Stärke und Klangfarbe mehr von einander abweichen, als es wünschenswerth ist, wenn man eben nur ihre Tonhöhen vergleichen will. Namentlich gehört einige Übung dazu, sich nicht von der Klangfarbe beeinflussen zu lassen, da man gewöhnlich geneigt ist, einen schärferen Ton für höher zu halten als einen gleichhohen weicheren. Diese Fehlerquelle muß also noch besonders berücksichtigt werden, sie läßt sich immer dadurch vermeiden, daß man jeden Versuch auch in andere Tonlagen transponirt.

Ich gehe nun zunächst zur Besprechung einer Reihe von Erscheinungen über, die sich auf die musikalische Wirkung gewisser [422] Mehrklänge und Tonfolgen beziehen und die mir beim Spielen des Instruments besonders auffielen. Das Wesentliche der-

[2] Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie, 48. Band, 1893.

lently suited, which the teacher Carl Eitz in Eisleben invented and designed and built on behalf of the Prussian state government in the Schiedmayer piano factory in Stuttgart. The keyboard of this instrument, to which I also owe the inspiration for the current investigation, I have described in the *Proceedings* of the Physical Society of Berlin (meeting of 20 January 1893) [Planck 1893a]; here I will only note that it spans 4 ½ octaves, and each octave comprises 104 tones of various size, namely 8 different fifth-series, each through 13 pitches (for instance, A♭–E♭–B♭–F–C–G–D–A–E–B♮–F♯–C♯–G♯). Thereby each 2 adjacent series of fifths differ from each other by a syntonic comma. On this instrument, one can thus tune 8 natural thirds from each other (such as D𝄫–F♭–A♭–C–E–G♯–B♯–D𝄪), and likewise the other natural and Pythagorean intervals, which until now had not been achieved by any similar design. But on that instrument one can also produce in fixed tones any tempered and indeed any completely arbitrary imaginary interval so that by making every harmonic combination one can combine such a great number of available intervals into an interval whose deviation from the desired interval is imperceptible to the most sensitive ear. Thus, for example, one can compose a tempered major third through the summation of 9 pure fifths in a rising direction and 6 natural major thirds and 3 octaves in a falling direction, precise to the 68th part of a syntonic comma. The purity and stability of the tuning of the instrument is quite satisfactory, the technique of playing comparatively easy, considering the numerous keys; the nearby notes frequently deviate from each other in strength and tone-color more than would be desirable for just comparing their pitches. Particularly, it requires some practice not to let oneself be influenced by the tone-color, because one tends usually to take a more piercing note as higher in pitch more than an equally gentle note. This source of error must therefore be especially taken in consideration. It can always be avoided by transposing each attempt into other keys.

I will next proceed to discuss a series of phenomena that affect the musical effect of certain [422] chords and melodic lines and that are particularly noticeable in playing the harmonium. The essence of these has long been known, but they have to be pursued a bit further here with regard to the practical-musical applications to be made below.

selben ist längst bekannt; doch müssen sie hier mit Rücksicht auf die später zu machenden Anwendungen noch etwas weiter ins Praktisch-Musikalische verfolgt werden.

II.

Wenn man, mit vollständig ausgeruhtem Gehörorgan, die Töne eines Durdreiklangs, etwa mit temperirter Terz, aber ein wenig verstimmter Quinte, gleichzeitig angiebt und sich, ohne kritisch zu analysiren, der Gesammtwirkung des Klanges hingiebt, so hat man vollständig den Eindruck des konsonanten Dreiklangs, wenn auch vielleicht mit einem gewissen Beigeschmack, trotzdem das Ohr bei entsprechender Aufmerksamkeit und besonders beim Vergleich mit reineren Intervallen sehr wohl im Stande wäre, die Verstimmung der Quinte wahrzunehmen. Schon Chladni[3] bemerkt hierüber: "Es ist ein unzweifelhafter Erfahrungssatz, daß, wenn man ein Intervall hört, welches nur äusserst wenig von einem durch einfachere Zahlen auszudrückenden Intervall abweicht, man das einfachere zu hören glaubt, und daß diese Täuschung desto vollkommener ist, je weniger die Abweichung beträgt. Daß eine solche Täuschung des Gehörs stattfindet, ist auch sehr wohlthätig für uns, weil ausserdem schlechterdings keine brauchbare Musik existiren könnte." Diese Fähigkeit des Gehörs, mit einem verstimmten Intervall vorlieb zu nehmen, sich ihm gewissermaßen zu akkommodiren, welche etwa der Fähigkeit des Gesichtssinnes vergleichbar ist, eine mit merklichen perspektivischen Fehlern behaftete Zeichnung dennoch mit dem richtigen räumlichen Eindruck wirken zu lassen, erstreckt sich übrigens nicht blos auf sehr kleine Verstimmungen, sondern unter Umständen, wenn die Tonhöhe nicht sehr ausgesprochen ist, z. B. bei der Pauke, sogar auf Halbtöne und mehr.[4] Individuell scheint sie, auch bei Musikern, sehr verschieden zu sein, und wechselt auch bei einer und derselben Person je nach den Umständen. Ich selber erinnere mich sehr deutlich, daß es mir als Knabe viel weniger gut als jetzt gelang, einen etwas verstimmten Dreiklang, so wie er auch bei besseren Orchestern, besonders in den Bläsern durch Temperatureinflüsse, oder auch auf der Bühne in einem *a cappella*-Satze leicht einmal vorkommen kann, als rein in die Empfindung aufzunehmen. [423] Die Töne wollten dann nicht miteinander verschmelzen und ich hörte immer nur jeden einzeln; auch ist kein Grund zu der Annahme vorhanden, daß vor 25 Jahren weniger reine Musik gemacht wurde als heutzutage. Allerdings kommt hierbei auch die allgemeine Thatsache mit in Betracht, daß Kinder

[3] Akustik, 1830. § 38.

[4] Vgl. Stumpf, Tonpsychologie, II. Band, 1890. p. 400.

II.

If, with a completely rested ear, one simultaneously sounds the tones of a major triad, perhaps with a tempered third, but a slightly out of tune fifth, and surrenders oneself, without critically analyzing, to the total effect of the sound, then one completely has the impression of the consonant triad, though perhaps with a certain aftertaste, nevertheless the ear with appropriate attentiveness and especially through comparison with purer intervals would be in a very good position to perceive the mistuning of the fifth.[5] Already Chladni[6] remarked about this: "It is an unquestionable empirical proposition that if one hears an interval that only differs extremely slightly from an interval expressed through simpler numbers, one thinks one hears the simpler interval and the illusion is more complete, the less the difference. That such an illusion of hearing takes place is moreover also very salutary for us because otherwise no serviceable music could exist." This ability of hearing to put up with an out-of-tune interval, to accommodate itself to it to some degree, perhaps comparable to the ability of the visual system to allow a drawing affected with noticeable errors in perspective nevertheless to leave the correct spatial impression, extends moreover not only to very small mistunings, but also to circumstances in which the pitch is not very pronounced, for instance in the case of timpani even up to a half-step and more.[7] This [ability] seems very different from one individual to another, even among musicians, and also changes in one and the same person, depending on the circumstances. I myself remember very clearly that when I was a boy it was much harder than now to accept as pure a slightly out-of-tune triad, such as can easily happen even in the better orchestras, particularly in the wind instruments through temperature effects, or also on stage in an a cappella piece. [423] The notes would then not blend together and I always heard only each individual note by itself; still, there is no reason to suppose that twenty-five years ago music was performed a little less purely than today. Indeed, this also brings to mind the general fact that children always pay more attention to detail and only learn over time to grasp the whole as a unity.

[5] [Throughout, I translate *Verstimmung* as "mistuning," but *verstimmt* as "out-of-tune."]

[6] Chladni 1830, sec. 38.

[7] See Stumpf 1890, 2:400.

immer mehr auf das Detail achten und es erst mit der Zeit lernen müssen, das Ganze als eine Einheit zu erfassen.

Aber auch in jedem Augenblick ist die Fähigkeit, sich einem verstimmten Intervall zu akkommodiren, den Umständen und bis zu einern gewissen Grade auch der Willkür unterworfen. Man kann sein Gehör geradezu einstellen auf einen höheren oder geringeren Grad von Akkommodationsvermögen. Das Ohr des Konzertbesuchers ist, bei gespanntester Aufmerksamkeit im Übrigen, akkommodationsfähiger, wenn er als Genießender, wie wenn er als Kritiker erscheint. In besonders hohem Maße muß es der Dirigent verstehen, seinem Ohr das Akkommodiren, das bei ganz geringen Verstimmungen immer unwillkürlich erfolgt, zu verbieten, und auch der Sänger wird seinen Ton um so reiner einsetzen und aushalten, je weniger er von der Akkommodationsfähigkeit seines Ohres Gebrauch macht. In jedem Falle muß natürlich, wenn Musik erträglich rein wirken soll, die Akkommodationsfähigkeit des Zuhörers noch weiter gehen als die der Ausführenden.

Es wäre nun aber sehr verkehrt, wenn man daraus den Schluß ziehen wollte, daß, im Falle nur die nöthige Akkommodation stattfindet, der G r a d der Reinheit im Übrigen von geringem oder gar verschwindendem Werth sei, und daß demnach die auf die Erzielung grösstmöglicher Reinheit gerichteten Bemühungen von da ab keine praktische Bedeutung mehr hätten. Denn wenn die Akkommodation thatsächlich vollständig und auch vollkommen unwillkürlich von Seiten des Hörers erfolgt, so geht daraus noch keineswegs hervor, daß sie ohne begleitende Nebenerscheinungen bleibt, die auf die künstlerische Wirkung der Musik Einfluß haben können. Es wird sich vielmehr direkt zeigen, daß jede Akkommodation, auch die unwillkürliche, immer gewisse Begleiterscheinungen, darunter Eigenthümlichkeiten in der Klangfarbe, vor Allem aber ein gewisses Gefühl der Spannung bedingt, welches schnellere Ermüdung des Hörers bewirken kann. Die Mühe und Sorgfalt, welche die ausübenden Künstler auf die Reinheit der Stimmung verwenden, kommt also doch dem Hörer zu Gute, sie hat den Zweck, diesem die Arbeit des Akkommodirens, die er sonst zu leisten hätte, abzunehmen und ihn so zu freierer Entfaltung seiner Phantasie in der von der Komposition gewollten Richtung zu befähigen.

[424] Eine direkte Untersuchung der mit dem Vorgang der Akkommodation verbundenen Erscheinungen ist nur dadurch möglich, daß der Grad der Verstimmung verändert, sei es erhöht oder verringert wird. Denn so lange in der nämlichen Verstimmung weiter musicirt wird, fehlt ein deutliches Vergleichungsobjekt. So kann unter Umständen, wenn man längere Zeit hindurch keine Musik gehört hat, ein verstimmtes

But in each moment, the ability to accommodate oneself to an out-of-tune interval is dependent on the circumstances and to some extent also subject to choice. Frankly, one can adjust one's hearing to a greater or lesser degree of accommodation capacity. The ear of the concertgoer is better able to accommodate, along with the closest attention in other respects, if he listens for enjoyment, rather than as a critic. A conductor must understand to a particularly high degree how to keep his ear from the accommodation that always involuntarily follows very slight mistuning and also a singer will begin and sustain his tone the more purely the less he makes use of the accommodation ability of his ear. In every case, if music is to have a tolerably pure effect, the accommodation ability of the hearers must naturally go further than the performers.

It would now be very wrong if one would draw the conclusion that, if only the necessary accommodation takes place, after that point the *degree* of purity is of little or quite negligible value in other respects and that therefore the exertions aimed at achieving the greatest possible purity efforts have no practical significance. For if the accommodation is actually complete and also comes completely involuntarily from the side of the listener, it by no means follows that it remains without any accompanying side-effects that might influence the artistic effect of the music. Rather, it can be shown directly that any accommodation, including involuntary, always can cause certain side effects, including peculiarities in tone-color, but most of all a certain feeling of tension that can quickly cause weariness in the listeners. The effort and care the executant exerts for the purity of the tuning still benefits the hearer, for this care for purity has the goal of relieving the listener of the work of accommodation he would otherwise have had to accomplish, thus enabling the free unfolding of his fantasy in the composition's intended direction.

[424] A direct investigation of the process associated with the phenomena of accommodation is only possible by changing the degree of mistuning, whether by increasing or decreasing it. For as long as the music remains in the original mistuning, it lacks a clear object of comparison. Thus, in circumstances in which one has heard no music for a longer time, an out-of-tune piano or a similarly impure song, so long as the effort remains within certain bounds, strikes one as fairly tolerable and unobtrusive; yet as soon as purer music is heard, the differences will come forward clearly

Klavier oder ein gleichmäßig unreiner Gesang, bei dem die Fehler unterhalb einer gewissen Grenze bleiben, ziemlich leidlich und unauffällig wirken; sobald aber daneben reinere Musik zu hören ist, werden die Unterschiede deutlich genug hervortreten. Um also nun die fraglichen Wirkungen an einem verstimmten Intervall, etwa einer Quinte zu studiren, kann man z. B. den Grundton festhalten und die Tonhöhe der Quinte mit der Zeit verändern. Dabei muß jedoch eine Vorsichtsmaßregel eingehalten werden, deren Nichtbeachtung die zu untersuchende Erscheinung stören, ja sogar ins Gegentheil verkehren könnte. Die Änderung des betreffenden Tones darf durchaus nicht sprungweise, sondern muß sehr langsam und allmählich vorgenommen werden. Jeder plötzliche Sprung in der Tonhöhe erzeugt nämlich eine besondere Wirkung, die daher rührt, daß der frühere Ton sich in der Erinnerung mit dem späteren vermischt; diese wird im nächsten Abschnitt zu besprechen sein. Hier haben wir es nur mit der Wirkung gleichzeitiger reeller Töne zu thun, und können diese nur dadurch sicher erhalten, daß wir immer nur allmähliche und langsame Übergänge vornehmen. Auf dem Harmonium läßt sich eine solche stetige Änderung der Tonhöhe sehr bequem dadurch hervorbringen, daß man die Taste nicht fest andrückt, sondern etwas hebt oder senkt. Dadurch wird der Windzufluß zur Zunge verringert bez. vergrößert und der Ton in Folge dessen etwas tiefer bez. höher. Die Unterschiede gehen bis zu etwa einem Komma.

Lässt man nun in dieser Weise eine etwas zu hohe Quinte, der man sich zuvor vollständig akkommodirt hat, langsam kleiner werden, so nimmt der Klang, zugleich mit der Verringerung der Häufigkeit der Schwebungen, etwas Ruhigeres, Gleichmäßigeres und Weicheres an,[5] und zugleich verspürt man deutlich die Abnahme eines gewissen Spannungsgefühls. Dabei ist charakteristisch, daß man sich der Existenz dieses Spannungsgefühls erst eben durch die Abnahme desselben bewußt wird, sowie man etwa den Druck einer gewohnten Bürde erst durch die Erleichterung bemerkt, weiche eintritt, wenn dieselbe weggenommen wird. Besonders interessant ist der Augenblick, [425] wo das natürliche Intervall sich herstellt und die Schwebungen sich ganz verlieren. Für mich ist dieser Übergangspunkt geradezu eine Quelle künstlerischen Genusses: es ist, als ob ein gewisser letzter Erdenrest verschwände und zugleich sich ein Schleier lüfte, welcher der Phantasie den Einblick in eine neue, bis in unendliche Fernen reichende Welt eröffnet. Selbstverständlich erfordern diese Versuche die konzentrierteste Aufmerksamkeit und lassen sich daher in Gegenwart eines Auditoriums leider nicht mit sicherem Erfolg ausführen.

[5] Vgl. Helmholtz, Tonempfindungen, 1877, p. 299 ff.

enough. Hence to study the question raised about the effects of an out-of-tune interval, perhaps a fifth, one can, for example, hold steady the root note and change over time the pitch of the fifth [above it]. In doing so, however, precautions should be taken, inattention to which might disturb the phenomenon under investigation, might even run into the opposite. The change of the note in question must absolutely not be by leap, but must be done very slowly and gradually. Any sudden jump in pitch produces a particular effect, which stems from the fact that the earlier note is blended with memories of the later, which will be discussed in the next section. Here we only have to do with the effect of simultaneous real notes and can ensure this if we always make gradual and slow transitions. The harmonium allows such a steady alteration in the pitch to be produced through the very convenient fact that one does not depress the keys rigidly, but raises or lowers [them] a little. By this means, the airflow to the reed is reduced or increased and the note consequently becomes a little lower or higher, respectively. The differences go as far as a comma.

If one now in this way allows a slightly too high fifth, to which one has previously completely accommodated, slowly to become smaller, the sound, at the same time as reducing the frequency of beats, becomes somewhat quieter, smoother, and softer,[8] and one feels clearly the decrease in a certain feeling of tension. It is characteristic that one becomes conscious of the existence of this feeling of tension just when it declines, as when one first notices the weight of an accustomed burden through its lightening, which begins when it is taken away. Especially interesting is the moment [425] where the natural interval is established and the beats are lost altogether. For me, this transition point is frankly a source of artistic pleasure: it is as if some last earthly remains disappeared and at the same time a veil lifted, which disclosed to the imagination a glance into a new, rich world, ranging to infinite distances. Of course, these tests require the most concentrated attention and can therefore unfortunately not produce reliable results in the presence of an audience.

[8] See Helmholtz 1877, 299 ff. [Helmholtz 1954, 179 ff.]

Überschreitet man weiterhin die reine Quinte[,] indem man das Intervall noch kleiner nimmt, so stellen sich die Schwebungen wieder ein, und mit ihnen das Gefühl der Anspannung, wenn auch in anderer Weise; zugleich macht der Klang den Eindruck des Matten, Faden, der sich immer mehr steigert. Schließlich kommt dann ein Punkt, wo die Akkommodation des Hörers nicht mehr folgen kann und das Intervall nicht mehr als rein, sondern als verminderte Quinte bez. als übermäßige Quarte aufgefaßt wird. Ganz entsprechend sind die Eindrücke, die man auf dem umgekehrten Wege: beim allmählichen Größerwerden des Intervalls empfängt. Nach der Überschreitung des natürlichen Intervalls wird die Spannung immer stärker, die Klangfarbe immer schärfer, bis auch auf dieser Seite die Akkommodation schließlich ein Ende nimmt.

Ähnliche Erscheinungen wie bei der Quinte, und ihrer Umkehrung: der Quarte, lassen sich bei anderen Intervallen beobachten, so bei der Oktave, der großen Terz, auch bei der kleinen Septime, deren Klang im natürlichen Intervall (4:7) ganz besonders weich und schön ist. Dabei gilt die Regel, daß die Akkommodation um so leichter erfolgt und sich um so weiter treiben lässt, je weniger konsonant das Intervall ist. Eine Oktave verträgt lange nicht den Grad der Verstimmung wie die Quinte, und diese wieder lange nicht den der Terz. Bei der großen Terz ist übrigens der Akkommodationsbereich von der natürlichen Terz aufwärts gerechnet, merklich größer als der von ihr abwärts gerechnet, d. h. eine große Terz, die über der natürlichen liegt, wird viel eher für richtig gehalten, als eine, die um ebensoviel unter der natürlichen liegt. Hier zeigt sich deutlich die Gewöhnung unseres Ohrs an die temperirte Stimmung.

Auch in der Praxis läßt sich das Walten der besprochenen Vorgänge nachweisen. Der Leitton zur Tonika, die große Terz der Dominante, wird bekanntlich, besonders in leichterer, z. B. Operettenmusik, gern sehr hoch genommen. Wenn nun, wie es in Schlußkadenzen gelegentlich vorkommt, auf dem Dominantseptimenakkord eine Fermate liegt, und der Sänger darin jenen Leitton auszuhalten hat, so steigert er nicht selten, um seiner Stimme einen schärferen [426] Ausdruck zu geben, noch während des Haltens allmählich die Tonhöhe und liefert so gerade die Bedingungen zu dem oben beschriebenen Versuch. Es ist auffallend, wieviel hierbei oft der Akkommodationsfähigkeit der Hörer zugemuthet wird, von denen gewiß oft schon ein großer Theil die Spannung nicht mehr ertragen kann und die Akkommodation längst aufgegeben hat, wenn der Sänger noch mitten in seiner Fermate ist. Kommt dann schließlich der erlösende Halbtonschritt zur Tonika, so führt er sehr häufig dementsprechend zu hoch hinauf, und die Kadenz endigt in einen Mißklang.

As one goes beyond a perfect fifth, making the interval ever smaller, the beats appear again and with them the feeling of tension, though in a different way; at the same time, the sound gives the impression of flatness, dullness,[9] which increases more and more. Finally, a point comes where the accommodation of the listener can follow no further and the interval will no longer be perceived as pure but as a diminished fifth or as an augmented fourth. One receives quite correspondent impressions in the opposite sense from the gradual increase of intervals. After going past the natural interval, the tension becomes ever higher, the tone-color ever brighter until the accommodation on this side comes to an end.

Similar phenomena as in case of the fifth occur with its inversion, the fourth, observed next to such other intervals as the octave, the major third, and also next to the minor seventh, whose sound as a natural interval (4:7) is especially soft and beautiful. From this comes the rule that accommodation comes more easily and allows itself to be set in motion further, the less consonant the interval. An octave will not tolerate as much mistuning as a fifth, which in turn will not tolerate as much mistuning as a third. Moreover, for the major third, the range of accommodation is reckoned upward from the natural third, perceptibly larger than would be reckoned downward from the [tempered] major third, which is larger than the natural third; the interval above the natural is much more likely taken to be correct, as one that lies about the same amount below the natural. This clearly shows the habituation of our ear to tempered tuning.

The working of the preceding phenomena can be demonstrated in practice as well. As is well known, the leading tone of the tonic, the major third of the dominant, is often taken very high, especially in lighter music, for example, operetta. Now when, as occasionally happens in final cadences, a fermata stands on the dominant seventh and the singer has to prolong the leading tone, he not infrequently raises its pitch [426] to give his voice a more intense feeling, even while holding the pitch, gradually providing the very conditions of the experiment described above. It is striking how much this will demand of the accommodation ability of the listener, from whom often certainly already a greater degree of tension can no longer be drawn and who had long ago given up the accommodation even while the singer was still in the midst of his fermata. Accordingly, when the redemptive half-tone step to the tonic finally comes, it very frequently also goes too high, and the cadence ends in a discord.

[9] [Planck uses the word *matt* to mean "flat" in the visual sense (as of a matt finish, opposed to a shiny one), not in the aural sense of lower pitch. This is confirmed by his word *fade*, meaning faded, visually dull.]

III.

Läßt man auf dem Harmonium einen natürlichen Dreiklang einige Zeit lang ertönen, und giebt unmittelbar darauf einen anderen reinen natürlichen Dreiklang an, der um ein Komma höher oder tiefer liegt, so ist die Wirkung abscheulich. Man glaubt im ersten Augenblick den ärgsten Mißklang zu hören und oft erst, wenn er mehrere Sekunden lang ausgehalten ist, bricht sich die Gewißheit Bahn, daß man es doch mit nichts Anderem als wieder mit einem rein gestimmten natürlichen Dreiklang zu thun hat. Dann ist aber die Rückkehr zu dem vorigen mit derselben unangenehmen Empfindung verbunden. Die Ursache dieser Erscheinung ist offenbar der Umstand, daß nach dem vollständigen Erlöschen eines physischen Klanges eine gewisse psychische Nachwirkung zurückbleibt, die eine Zeit lang ziemlich kräftig ist und erst allmählich sich verliert. In dem besprochenen Beispiel wirken also außer den aktuellen Tönen des neuen Dreiklangs auch die verklungenen Töne des alten in der Erinnerung nach und geben einen ähnlichen beleidigenden Effekt, als wenn man die beiden Akkorde gleichzeitig zu hören bekommen hätte.

Dagegen kann der Übergang von dem einen Dreiklang zum andern frei von jeder unangenehmen Empfindung ausgeführt werden, wenn man ihn nicht unvermittelt vornimmt, sondern eine Reihe anderer Akkorde dazwischen schiebt, von denen jeder sowohl mit dem vorhergehenden als auch mit dem folgenden verwandt ist. Hierauf beruht die Sitte, bei kurz aufeinanderfolgenden Vortragsstücken entweder verwandte Tonarten zu wählen, oder, wenn das nicht angängig ist, ein kurz hinüberleitendes Präludium einzuschieben, um so das Ohr des Zuhörers wie auch des Vortragenden erst an die neue Tonart zu gewöhnen. Diese psychische Nachwirkung bedingt überhaupt einen großen Theil aller musikalischen Effekte. Der Eindruck, den ein bestimmter Akkord auf uns macht, hängt nicht allein von seiner eigenen Beschaffenheit ab, sondern sehr wesentlich auch [427] von der Art, wie das Ohr auf ihn vorbereitet worden ist. So kann ein und derselbe Akkord unter Umständen wie eine himmlische Offenbarung, unter anderen Umständen nichtssagend und trivial wirken.

III.

If one lets a natural triad sound on the harmonium for some time and then immediately afterwards sounds another pure natural triad pitched about a comma higher or lower, the effect is horrible. At first one thinks one hears the worst discord and often only after it has been held for several seconds does one snap to the certainty that one has to do with nothing else but a perfectly tuned natural triad. But then a return to the previous [triad] is connected to the same unpleasant feeling. The cause of this phenomenon is apparently the fact that after the complete extinction of a physical sound, a certain psychic aftereffect remains that for a time is quite strong and gradually fades away. In the example discussed, beside the actual notes of the new triad the extinguished sounds of the old still are active in the memory and give a similarly shocking effect as if one were to have heard both chords at the same time.

In contrast, the transition from one triad to another can be produced free of any unpleasant feeling if one does not take them immediately in succession but interposes a series of other chords between them, each of which is related both to the previous and the succeeding chords. On this rests the custom either of choosing brief concert pieces following each other in various keys, or, if that is not feasible, to interpolate a short introductory prelude so that the ear of the listener as well as of the performer can first become accustomed to the new key.[10] This psychic aftereffect causes a great part of all musical effects. The impression that a well-tuned chord makes on us depends not only on its own nature, but also very essentially [427] on the way the ear has been prepared for it. Thus, one and the same chord in some circumstances can have the effect of a heavenly revelation, under different circumstances can seem meaningless and trivial.

[10] [Planck seems to allude to the then-prevalent custom of inserting modulating passages between works in different keys; even as late as the 1920s, well-known pianists like Josef Hofmann would improvise such transitions as a regular feature of their recitals.]

Was von Akkorden gilt, gilt auch von einzelnen Tönen. Das lebendige Bewußtsein einer Tonika und das Bedürfniß, zu ihr zurückzukehren, beruht auf der Erinnerung, die sie in uns vom Beginn des Stückes an zurückläßt. Überhaupt ist ja diese Erinnerung schon Vorbedingung für die Möglichkeit, zwei um ein bestimmtes Intervall differirende Töne nacheinander zu singen, wobei dann der erste Ton im Gedächtniß nachwirkt, während der zweite gesungen wird. Der Schritt von einem Ton zu einem andern hat daher in der Wirkung immer etwas von dem Zusammenklang beider Töne; so wirkt z. B. ein kommatischer Schritt an und für sich immer häßlich, und läßt sich deshalb im Allgemeinen für die praktische Musik nicht ohne Weiteres rechtfertigen.

In einer Generalpause bildet die psychische Nachwirkung die Brücke, welche von dem letzten Akkord zum nächsten hinüberführt. Nicht nur der Spieler und Sänger behält während dessen den Eindruck der letztverklungenen Töne, auch der Zuhörer läßt seine Einbildungskraft an dem begonnenen Faden in derselben Richtung weiterspinnen. Beweis dafür ist der üble Effekt, den der leiseste fremde Ton, z. B. einer aus Unachtsamkeit berührten leeren Saite, während einer solchen Pause hervorbringt. Wie mit einem Messer ist der Faden durchschnitten und dadurch oft die ganze Wirkung verdorben. Ein indifferentes Geräusch, wie z. B. das Rücken eines Stuhles, des Umwenden eines Notenblattes, kann dagegen weit stärker sein, und doch viel unschädlicher verlaufen. Fügt es aber ein glücklicher Zufall, daß die leere Saite mit einem charakteristischen Ton des letzten Akkordes übereinstimmt, so vermag die Einbildungskraft gelegentlich sich diesen Ton noch zu assimiliren und mit ihm weiter zu wirken.

Bei der Intonation eines *a cappella*-Gesanges wird die Fähigkeit der Sänger in Anspruch genommen, den vom Dirigenten angegebenen Ton bis zum Beginn des Stückes genau festzuhalten. Es kann dies entweder durch angespannte Vorstellung des betreffenden Tones geschehen, wozu nur einige Übung gehört, oder auch dadurch, daß die Sänger den Ton sich durch Nachsummen deutlicher einzuprägen suchen. Gegen das letztere, in unseren Saal- und Kirchenkonzerten öfters zu beobachtende Verfahren, möchte ich mich bei dieser Gelegenheit mit einigen Worten wenden. Zuverlässiger ist dasselbe keineswegs immer; denn dadurch, daß der Ton noch besonders nachgesungen wird, schaltet sich zwischen den ursprünglich markirten [428] und den später öffentlich gesungenen Ton noch ein Zwischenglied und somit auch eine Fehlerquelle

What is true of chords is also true of individual tones. The vivid awareness of a tonic and the need to return to it is based on the recollection it has left in us from the beginning of the piece. On the whole, this memory is already the inescapable condition for the possibility of singing in succession the two different tones comprising a definite interval, whereby the first note produces an aftereffect while the second is sung. The step from one note to another always has therefore the effect of something like the harmony of both notes; thus, for instance, the step of a comma in and of itself is always unpleasant and accordingly is in general not allowed in practical music without further justification.

In a general pause, the psychic aftereffect forms the bridge that leads over from the last chord to the next one. Not only the players and singers retain during it the impression of the last-sounding note, but also the audience allows its power of imagination to spin out the thread in the same direction. Proof of this is the bad effect produced by the slightest external sound during such a pause, such as the careless sounding of an open string. The thread is severed as if with a knife and thereby often the whole effect is spoiled. On the other hand, a neutral noise, such as the scraping of a chair, the turning of a page, can be far louder, yet turns out to be much more harmless. Yet it adds a happy accident if the open string harmonizes with a characteristic note in the last chord, for the power of imagination is now and then able to assimilate this sound and weave it in further.

The performance of an a cappella song demands the ability of the singer to hold precisely steady the pitch given by the conductor at the beginning of the piece. This may be done either by intense imagination of the required note, for which some practice is required, or through humming, by which the singer tries to impress the note more clearly on himself. I would like to say a few words on this second method, so often observed in our concerts in halls and churches. The second method is by no means always the more reliable. Because the given tone is specifically repeated, there is now a middle element between the originally given[11] note [428] and the following openly sung note. Thereby arises a potential source of error, especially because the humming of the given tone occurs in difficult circumstances. This glance behind the

[11] [Here and in the following passages Planck seems to be using "marking" (*markiren)* to mean quietly giving the starting pitch to singers (either by humming it or by playing it on a pitchpipe or piano) before they begin to sing. In contrast, the English technical term "to mark" usually describes singing in a low voice to avoid vocal strain; thus, in rehearsals some singers choose to "mark," rather than to sing full voice, in order to avoid vocal strain and save themselves for the actual performance.]

ein, zumal das Summen des angegebenen Tones unter erschwerenden Umständen stattfindet. Entscheidender jedoch fällt ins Gewicht die nachtheilige Wirkung, welche dieser Blick hinter die Coulissen auf das Publikum ausübt. Überraschend und geheimnißvoll, wie aus einem Zauberfüllhorn ausströmend, müssen die ersten Klänge anheben, wenn sie ihren besten Eindruck auf den Zuhörer hervorbringen sollen. Das Einstimmen der Instrumente beim Orchester läßt sich hiermit nicht vergleichen, weil es indifferent ist. Was würde man aber sagen, wenn in einem Streichquartett die Spieler den Beginn des ersten Satzes vorher leise markiren wollten? Nach meinem Dafürhalten sollte ein Chordirigent aufs strengste darauf halten, daß, sobald er, zum Chore gewendet, den Anfangston markirt hat, auch nicht durch den feinsten Laut ein einziger Ton, geschweige denn die Tonart des Stückes dem Publikum im Voraus verrathen wird.

Die Frage, wie lange eine Spur der Nachwirkung eines Tones bei dem Einzelnen anhält, läßt sich dadurch prüfen, daß man die betreffende Person veranlaßt, einen angegebenen Ton nach kürzerer oder längerer Pause nachzusingen. Dabei macht es natürlich einen bedeutenden Unterschied, ob in der Zwischenzeit die Vorstellung auf diesen Ton konzentrirt wird oder ob sie inzwischen andere Bahnen einschlägt. Hier kommt also wieder ebenso, wie oben bei der Akkommodation, auch die Willkür mit ins Spiel. Wenn Jemand im Stande ist, zu jeder beliebigen Zeit einen bestimmten Ton immer wieder richtig anzugeben, so besitzt er das sog. absolute Tongefühl, und zwar in vollständigerem Sinn als Jemand, der einen ihm angegebenen Ton nur richtig zu benennen vermag. Über das absolute Tongefühl sind schon manche Erfahrungen gesammelt worden; ich beschränke mich hier auf die Betonung seines engen Zusammenhangs mit der psychischen Nachwirkung, den ich aus eigener Erfahrung bestätigen kann. So lange ich als Kind nur mit einem einzigen Instrument, einem Klavier, vertraut war, besaß ich ein sehr ausgesprochenes absolutes Tongefühl, derart daß ich einst, aufgefordert einen mir sehr wohl im Gedächtniß bekannten Marsch auf einem fremden, etwas tiefer gestimmten Klavier zu spielen, nach den ersten Tönen abbrechen mußte, weil ich sogleich vollständig verwirrt wurde und nicht die Fertigkeit besaß, in der Eile die doppelte Transposition zu machen: einmal im Kopfe in eine tiefere Tonart, und dann wieder auf den Tasten zurück in die frühere Tonart. Heutzutage, wo ich vielerlei Musik in vielerlei Stimmungen gehört habe, ist mein Tongefühl lange nicht mehr so sicher; es gelingt mir mit Aufwand einiger [429] Mühe ganz gut, den Ton *c* bis zu einem halben Ton höher oder tiefer mir vorzustellen.

scenes, however, has a decisive importance on the public. The first sounds must arise surprisingly and mysteriously, as if emanating from a magic horn, if they are to produce their best impression on the listeners. The tuning of the instruments in the orchestra cannot be compared with this because it is neutral. What would one say if the players in a string quartet were to mark quietly the beginning of the first movement?[12] In my opinion, a choral conductor ought to insist most strongly that as soon as he, having turned to the chorus, has given the beginning note, not a single note even of the softest volume [should be heard], let alone [a note] that might betray in advance the key of the piece to the audience.

The question how long the trace of the aftermath of a tone continues to affect an individual can be tested if one allows the person in question to sing a given note after a shorter or longer pause. It makes a significant difference, of course, whether during the pause the mental image of this note is concentrated or whether it goes down other tracks in the meantime. Here, as indicated above regarding accommodation, the will comes into play. If someone is able at any given time to sound a certain note always correctly, he has so-called absolute pitch in a more complete sense than someone who is simply able to name correctly a note given to him. Many experiments have already been collected about absolute pitch; I will confine myself to emphasizing its close relationship with its psychic aftereffect, to which I can attest from personal experience. When I was a child, as long as I relied on a single instrument, a piano, I was possessed of very pronounced absolute pitch, to such an extent that, once asked to play a very familiar famous march on a strange piano, tuned somewhat lower, I had to stop after the first few notes because I was quite confused and was not possessed of the ability to make a double transposition in a hurry, first in my head in a lower key and then afterwards at the piano in the earlier key. Today, when I hear many kinds of music in many keys, my pitch sense is no longer so sure; at the expense of some [429] effort, I can quite well imagine the note C as much as a half step higher or lower.[13]

[12] [That is, the players would "try out" the first chord quietly before then playing it openly to begin the movement. Planck has evidently noticed the nervous habit of string players who surreptitiously "check out" their opening note by touching it quietly, or even by plucking it, before actually playing it.]

[13] [That is, Planck's mature pitch-sense seemed to him only to be good within a half step higher or lower, though his childhood story indicates that then his pitch-sense was far more acute.]

Die hohe Bedeutung der Nachwirkung für die Beurtheilung des Wohlklanges von Akkorden in verschiedenen Stimmungen liegt auf der Hand. Wenn man zwei Intervalle oder Akkorde, die nur kommatische Unterschiede aufweisen, wie z. B. denselben Akkord in temperirter und in natürlicher Stimmung, in Bezug auf ihren Wohlklang miteinander vergleichen will, so genügt es nicht, die beiden Akkorde etwa auf dem Harmonium irgendwie hintereinander anzugeben und auf das Gehör wirken zu lassen. Es macht vielmehr einen sehr bedeutenden Unterschied, welcher der beiden Akkorde zuerst angegeben wird, und wie lange jeder ausgehalten wird. Der erste Akkord hat immer einen Vorzug vor dem andern voraus, an ihn gewöhnt sich das Ohr zunächst, er nimmt gewissermaßen von der Vorstellung Besitz und läßt sich nicht so leicht daraus verdrängen. So finde ich bei der Vergleichung des Molldreiklangs in temperirter und in natürlicher Stimmung, daß dieser Dreiklang immer in derjenigen Stimmung besser klingt, in welcher er zuerst angegeben und lange genug ausgehalten wird. Beginnt man mit dem temperirten, so klingt nachher die kleine Terz des natürlichen zu hoch und scharf, und beginnt man mit dem natürlichen, so klingt die Terz des temperirten zu tief und matt. Selbstverständlich ist damit nicht gesagt, daß in allen Fällen der vorangehende Akkord besser klingt als der folgende, sondern nur, daß der vorangehende etwas vor dem folgenden voraus hat, was erst wieder durch anderweitige besondere Vorzüge des folgenden ausgeglichen werden muß, wenn dieser einen guten Eindruck machen soll.

Der besprochene Einfluß geht aber noch viel weiter, als ich Anfangs für möglich hielt, er äußert seine Wirkung, wie ich zu meinem Erstaunen bemerkte, sogar bei der Vergleichung des Durdreiklangs in pythagoreischer und in natürlicher Stimmung. Wenn ich den pythagoreischen Durdreiklang lange Zeit aushalte, vielleicht auch dazwischen einige einfache Modulationen in pythagoreischer Stimmung einschalte, und mich so möglichst in seinen Klang versenke, dann klingt unmittelbar darauf der natürliche Dreiklang im ersten Augenblick garnicht wie eine Erlösung, sondern matt und ausdruckslos. Dabei befindet sich das Ohr in einem eigenthümlichen Zwiespalt: auf der einen Seite die Terz in der vom Ohre gewöhnten und begehrten frischen Höhe, zugleich mit den hämmernden Schwebungen, auf der anderen Seite die Terz in Ruhe, aber doch für das augeblickliche Bedürfniß zu tief. Allerdings hält dieser Eindruck immer nur ganz kurz an; sehr bald hat das Ohr herausgefunden [430] daß die

The great importance of the aftereffect for the judgment of the euphony of chords in various tunings is evident. When one has together two intervals or chords, only differing by a comma, for instance the same chord in tempered and in natural tuning, and wants to compare their harmoniousness, it is not sufficient to sound both chords on the harmonium somehow one after the other and let them affect the hearing. Rather, it makes a very significant difference which of the two chords is given first and how long each will be held. The first chord has always a priority over the other, in that it accustoms the ear to begin with, to a certain degree it takes possession of the mental image and will not so easily be drawn away. So I find in the comparison of the minor triad in tempered and natural tunings that this triad always sounds better in whichever tuning it had first been given and had been held long enough. If one starts with the tempered tuning, then the [natural] minor third will afterwards sound too high and sharp [*scharf*], and if one begins with the natural tuning, then the [tempered minor] third sounds too low and dull [*matt*]. Of course, that does not mean that in all cases the preceding chord sounds better than the following chord, but only that the preceding chord has something over the following, which must be equalized with the preceding chord through other special advantages, if the following chord is to make a good impression.

The influence just described goes much further than I thought possible at the beginning, for the influence increases its effect, as I remarked to my surprise, even when comparing the major triad in Pythagorean and natural tuning. If I held the Pythagorean major triad for a long time, perhaps also during some simple modulations in Pythagorean tuning, and I absorbed myself as much as possible in its sound, then the natural triad heard immediately thereafter sounded in the first moment not at all like a resolution,[14] but dull and expressionless. Here the ear finds itself in a peculiar dilemma: on the one hand, the [Pythagorean] third with its lively pitch and hammering beats, familiar and desired in the ear; on the other hand, the [natural] third calm, yet too low for the immediate requirement.[15] Of course, this impression remains only very briefly; very soon the ear discovers that [430] the notes of the natural triad go well together

[14] [Planck's word *Erlösung* also means "release, salvation."]

[15] [Note that the Pythagorean ditone (major third) has the more complex ratio 81:64, which gives rise to the "lively pitch and hammering beats" compared to the natural (just) major third, 5:4. For their relative qualities, see Helmholtz 1954, 315.]

Töne des natürlichen Dreiklangs doch besser zusammenpassen, und dann ist bei der Rückkehr zur pythagoreischen Terz der Abstand im Wohlklang sehr viel größer als bei dem umgekehrten Übergange. Nimmt man statt der pythagoreischen Terz die temperirte, so gelingt der Versuch noch sicherer. Wesentlich ist aber immer dabei, daß der Übergang nicht allmählich, sondern sprungweise erfolgt. (Vgl. S. 424.)

Diese Erscheinungen zeigen, daß das Ohr sich nicht nur einem dargebotenen Intervall akkommodirt, sondern daß es sich auch an die Akkommodation gewöhnt und daran festhält. Ich kann mir sehr wohl den Fall vorstellen, daß Jemand, der eine bestimmte Stelle in einem Musikstück immer nur in einer bestimmten Art gelinder Verstimmung gehört hat, schließlich diese Art der Ausführung geradezu verlangt oder wenigstens, wenn er einmal die richtige hört, fremdartig berührt wird. Der Schluß auf den Einfluß der temperirten Stimmung, mit der wir aufgewachsen sind, auf unser ganzes musikalisches Fühlen liegt nahe. Es ist die Gewohnheit, die hier ihre, wie in allen Sphären des Lebens, so auch in der Kunst mächtige, aber unauffällige und deshalb häufig unbeachtete Rolle spielt. Selbstverständlich ist ihr Einfluß nicht unbegrenzt; es geht hier so wie auch bei anderen abnormen Reizen, daß man sich entweder an sie gewöhnt und sie dann vermißt, wenn sie einmal ausbleiben, oder daß sie andrerseits jedesmal unangenehmer wirken, bis zur Steigerung ins Unerträgliche. Welcher von beiden Fällen thatsächlich eintritt, muß jedesmal besonders untersucht werden.

IV.

Während ich die oben beschriebenen Studien an dem Eitz'schen Harmonium anstellte, überzeugte ich mich zugleich durch besondere Versuche, daß mein Gehör bei frei angegebenen Mehrklängen und einzelnen Tonschritten in den mittleren Oktaven zwischen der natürlichen und der temperirten Stimmung unterscheiden kann, am schärfsten und ohne jegliches Besinnen im Durdreiklang, ziemlich sicher auch im Molldreiklang, weniger gut, aber mit einigem Nachdenken gewöhnlich auch in dissonanten Intervallen, wobei jedoch immer bald Ermüdung eintritt. So vorbereitet, benutzte ich jede Gelegenheit, die sich ja in Berlin reichlich findet, um die Frage nach der in unserer Vokalmusik thatsächlich zur Anwendung kommenden Stimmung in Konzerten und Proben direkt zu prüfen. Dabei wandte ich meine hauptsächlichste Aufmerksamkeit den Durdreiklängen zu, nicht nur, weil ich dieselben besser zu analysiren verstand, sondern weil [431] es keinem Zweifel unterliegt, daß bei diesen der Einfluß der natürlichen Stimmung, falls er überhaupt vorhanden ist, am ehesten zur Geltung kommen

and then, looking backward at the Pythagorean third, the difference in concordance seems very much greater than going the opposite way. If in lieu of the Pythagorean third one takes the tempered [third], then the experiment succeeds even better. It is essential, though, that the transition always unfolds not gradually but suddenly. (See p. 424.)

These phenomena show that the ear does not accommodate itself only to one given interval but also accustoms itself to an accommodation and holds to it. I can very well picture a situation in which someone who has always heard a certain kind of mild mistuning in a certain place in a piece of music finally would actually desire this kind of performance or at least, once he had heard the correct performance, it would affect him as strange. The inference is obvious concerning the influence on our entire musical sensibility of tempered tuning, with which we grew up. Habit is powerful here, as in all spheres of life and also in art, yet playing an unobtrusive and therefore almost unnoticed role. Obviously, its influence is not unlimited; here, as with other abnormal stimuli [*Reizen*], either one turns to what is habitual and thus is missed, once absent, or on the other hand the stimulus becomes more unpleasant each time, until it becomes unendurable. Which of the two cases in fact happens must especially be investigated in each case.

IV.

While I conducted the above-described studies on the Eitz harmonium, I became persuaded through many investigations that my hearing of freely chosen polyphony and separate musical steps in the middle octaves could distinguish between natural and tempered tuning most acutely and without any deliberation for major triads, quite securely also for minor triads, less well but with some reflection also for common dissonant intervals, in the course of which, however, fatigue would set in very soon. Thus prepared, I took advantage of every opportunity, so richly available in Berlin, to examine at first hand the question of what tuning is in fact used in concerts and rehearsals of our vocal music. In so doing, I turned my main attention to major triads, not only because I understood how to analyze these better, but also because [431] there is no doubt that for them the influence of natural tuning, supposing that it occurs generally, must come into play sooner than anywhere else. The results I obtained from various a cappella choruses accorded with what I had expected: all the cases tested by me, with few exceptions (to which I will return below), were unambiguously sung in tempered

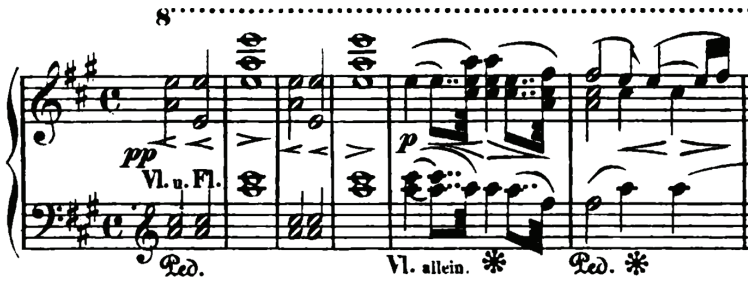
muß. Die Resultate, welche ich an verschiedenen *a cappella*-Chören gewann, lauten übereinstimmender, als ich erwartet hatte: in allen von mir geprüften Fällen, einzelne Ausnahmen abgerechnet, auf die ich weiter unten zurückkomme, wurde unzweideutig temperirt gesungen. Die charakteristischen gespannten temperirten Terzen sind bei einiger Übung so deutlich herauszuhören und so augenblicklich wiederzuerkennen, daß eine Täuschung darüber ausgeschlossen erscheint. Daß die temperirte Terz im Durdreiklang erträglich ist und sogar von dem Ohr, das an sie gewöhnt ist, gefordert werden kann, haben wir in dem vorigen Abschnitt gesehen; daß sie aber wirklich gefordert wird, zeigen diese letzten Beobachtungen. Es ist also die Macht der Gewohnheit, in erster Linie offenbar bedingt durch die häufige Benützung des Klaviers, welche dem Sänger die temperirte Stimmung in Fleisch und Blut hat übergehen lassen; er kennt nur seine 12 Halbtöne in der Oktave, sie sind ihm das gemeinsame Maß für alle übrigen Intervalle. Wenn er den Schritt *c—d* zu machen hat, fragt er nicht erst, ob er sich in *C* dur oder in *B* dur befindet; er hat weder eine Vorstellung von einem Unterschied, noch ein Bedürfniß, einen solchen zu machen, und in Übereinstimmung damit ist es ja auch die Theorie und nicht die Praxis gewesen, die das Problem der natürlichen Stimmung wieder hat aufleben lassen.

Nach meiner Erfahrung nimmt ein geübter Sänger auch die Tonleiter nicht in natürlicher, sondern in temperirter Stimmung, ebenso wie letztere, wenn sie vorgespielt wird, ihm besser klingt als jene. Er nimmt sie aber auch nicht in pythagoreischer Stimmung, wie ich hier deshalb hervorheben möchte, weil kürzlich in einer sonst vielfach verdienstlichen Schrift von J. Steiner[6] die Ansicht aufgestellt worden ist, daß die Melodik sich der pythagoreischen Stimmung bediene. Ich habe bei meinen Beobachtungen auch nicht die Spur von einer Anwendung der pythagoreischen Stimmung gefunden, und kann auch keinen der hierfür angeführten Belege als beweiskräftig anerkennen. Daß das *Fis* moll im 6. Takte des Vorspiels zu «Lohengrin» einem erlesenen Areopag von Musikern in pythagoreischer Stimmung besser geklungen hat als in natürlicher, glaube ich gern; aber noch viel fester bin ich überzeugt, daß dieser Akkord in temperirter Stimmung noch besser geklungen hätte als in pythagoreischer.

[6] Grundzuge einer neuen Musiktheorie, Wien 1891.

tuning. The characteristically taut tempered thirds are with some practice so clearly audible and so immediately recognizable that any mistake regarding them seems excluded. We have seen in the preceding section that the tempered third in the major triad is tolerable and even demanded by the ear accustomed to it. Therefore the power of habit, in the first place obviously limited through the frequent use of the piano, has let tempered tuning pass into the flesh and blood of the singer; he knows only his twelve half-tones in the octave, which for him are the common measure for all other intervals. When he has to sing the step C–D, he does not ask first whether it is found in C major or B♭ major; he has neither an idea of such a distinction, nor a need to make one. In accordance with this, theory and not practice has allowed the problem of natural tuning to revive again.

In my experience, a practiced singer takes the scale not in natural but in tempered tuning, just as the latter, when it is played first, sounds better to him than the former. He also does not take the scale in Pythagorean tuning, as I also wish to emphasize here, because recently in a paper by J. Steiner,[16] meritorious in many ways, the insight was advanced that melody is helped by Pythagorean tuning. I have in my observations not found even a trace of the use of Pythagorean tuning and can also recognize none of the evidence brought forward for this as conclusive. I gladly believe that for a select Areopagus of musicians the F♯ minor [chord] in bar 6 of the prelude to *Lohengrin* [example 2] would sound better in Pythagorean than in natural tuning; yet I am still more firmly convinced that this chord would sound still better in tempered than in Pythagorean tuning.[17]



[Example 2. Richard Wagner, *Lohengrin*, Prelude, measures 1–6.]

[16] Steiner 1891.

[17] [The Areopagus refers to the ancient high court of Athens, here connoting a sophisticated musical elite.]

[432] Ist somit das derzeitige entschiedene Übergewicht der temperirten Stimmung, auch im reinen Vokalgesang, als direkt erwiesen zu betrachten, so drängt sich doch sogleich eine Überlegung anderer Art auf. Die temperirte Stimmung ist bekanntlich unkonsequent, sie steht mit sich selber im Widerspruch. Denn sie verlangt reine Oktaven, temperirte Quinten (die sehr nahe rein sind) und temperirte Terzen. Diese drei Forderungen lassen sich aber garnicht gleichzeitig erfüllen; denn jede temperirte Terz ergiebt durch die Obertöne und Kombinationstöne, weiche ebenso reell, wenn auch schwächer sind als die Haupttöne, merklich unreine Quinten und Oktaven. Hierauf beruht, wie Helmholtz zuerst nachgewiesen hat, die physiologische und daher auch die künstlerische Schwäche der temperirten Stimmung. Es ist also nur eine Frage der Praxis, ob die genannten Nebentöne beim Vokalgesang unter Umständen stark genug hervortreten können, um jenen in der temperirten Stimmung begründeten inneren Widerspruch zu Gehör zu bringen. In einem solchen Falle ist zu erwarten, daß die Sänger, die Unreinheit fühlend, dieselbe, wenn auch unwillkürlich, dadurch auszugleichen suchen, daß sie aus der temperirten in die natürliche Stimmung übergehen. Ich habe mich daher zunächst bemüht, die Bedingungen aufzusuchen, die für das Zustandekommen derartiger Erscheinungen möglichst günstig sind.

Vor allen Dingen müssen die verschiedenen Stimmen gut aufeinander hören und sich nach einander richten—Bedingungen, die ohnedies als die ersten Kennzeichen eines tüchtigen Chors angesehen werden. Doch ist mir immer aufgefallen, wie verschieden diese Bedingungen von einem und demselben Chor unter verschiedenen Umständen erfüllt werden. Ein Chor, der für gewöhnlich tadellos rein singt, kann unter ungünstigen Verhältnissen, *z.* B. bei Müdigkeit, Hitze, Langeweile, zu einer tüchtigen Leistung unfähig sein. Gewöhnlich äußert sich eine derartige Mißstimmung in der Unmöglichkeit, die Töne auf konstanter Höhe zu halten; mehr oder weniger merklich sinkt die Stimmung dann herab, und jeder Versuch in der hier beabsichtigten Richtung würde natürlich resultatlos verlaufen müssen. Unter allen musikalischen Instrumenten ist ja keines nach seiner ganzen Leistungsfähigkeit so innig an die augenblickliche körperliche und geistige Verfassung des Spielers gebunden, wie die menschliche Stimme. Daher weiß ein erfahrener Dirigent die Mitglieder seines Chors nicht allein durch technisch-musikalische, sondern gelegentlich auch durch anderartige, oft selbst persönliche Mittel immer wach und rege zu halten und zu den höchsten Leistungen anzuspornen. Dann besteht das Aushalten eines Tones oder Akkordes nicht in einem passiven Verharren jeder Stimme auf ihrem [433] einmal eingenommenen Standpunkt, sondern in einem lebendigen, fortwährenden Neuerzeugen des Tones, woran sich alle

[432] Consequently, if the decisive predominance of tempered tuning at the moment, even in pure vocal song, is to be considered as certain from first-hand observation, then a reflection of another kind immediately arises. Tempered tuning is well known to be inconsistent, standing in contradiction to itself. For it requires pure octaves, tempered fifths (that are very close to pure), and tempered thirds. These three requirements can, however, in no way be fulfilled simultaneously, for every tempered third produces markedly impure fifths and octaves through overtones and combination tones, which are just as real as the fundamental tone, even though they are weaker. As Helmholtz first demonstrated, on this rests the physiological and therefore also the artistic weakness of tempered tuning. It is therefore just a question of practice in vocal song whether these secondary tones [*Nebentöne*] can be brought forward strongly enough in certain circumstances so as to make audible the contradiction based on tempered tuning. In such a case, it is expected that the singers, feeling the impurity [of the intonation], even though involuntarily, will therefore seek to compensate for it, so that they change from tempered to natural tuning. Hence, I have taken care at first to seek out the most favorable possible conditions for the occurrence of this kind of phenomena.

Above all, the different voices must hear each other well and adjust themselves with each other—the first criteria that distinguish a capable chorus. Yet I have always noticed how differently these conditions will be fulfilled by the same chorus under different circumstances. A chorus that habitually sings with irreproachably pure intonation can, in unpropitious circumstances (for instance, through tiredness, heat, boredom), be incapable of a competent performance. This commonly manifests itself as the kind of mistuning that makes impossible holding a note at constant pitch; then the tuning sinks more or less markedly and each attempt in the intended direction will naturally be unsuccessful. Indeed, with respect to its whole ability to perform, no musical instrument is so intimately bound to the immediate bodily and spiritual capacity of the player as the human voice. Accordingly, an experienced conductor always keeps the members of his chorus alive and active, spurring them on to the highest performances not only through technical-musical means but also, as occasion offers, by other, often very personal means. To that end, the sustaining of a note or chord is not a passive prolongation by each voice of its own [433] partial perspective, but a living, incessant renewal of the tone, in which all voices take part actively. In doing so, every singer listens to all notes that strike his ear simultaneously with the most intense attention and constantly compares his own voice with the others. When one voice shows

Stimmen aktiv betheiligen. Jeder Sänger lauscht dabei mit gespanntester Aufmerksamkeit gleichzeitig auf alle Töne, die sein Ohr treffen, und vergleicht fortwährend seinen eigenen mit den übrigen. Wenn sich in einer Stimme, vielleicht in Folge einer Aufforderung des Dirigenten, die geringste Änderung zeigt, müssen, wie durch eine feste, wenn auch unsichtbare, Übertragung, sofort alle anderen Stimmen darauf reagiren. Diese absolut nothwendige Wachsamkeit, ja Aufregung wird in Aufführungen und auch in Hauptproben durch das Bewußtsein von der Bedeutung des Augenblicks gefördert, weshalb dann auch in der Regel reiner gesungen wind.

Allerdings ist eine solche Anspannung der Sinne anstrengend und ermüdend, jedoch die Mühe belohnt sich unmittelbar, wenn die Feinheit der erzielten Wirkung ihr entspricht, aber auch nur in diesem Falle. Daher kommt so Viel auf die Reinheit des allerersten Einsatzes an, ja von ihr hängt oft das Gelingen des ganzen Stückes ab. Wenn durch irgend einen Fehler die Stimmen nicht rein einsetzen, wenn z. B. den Chor sich in zwei Parteien spaltet, von denen jede unter sich rein singt, die aber nicht miteinander harmoniren, so giebt es eine Art von Kampf, der sich, besonders in Konzerten, wo nicht abgeklopft werden kann, mitunter Takte lang verfolgen läßt. Nun giebt es aber für den Sänger kein peinlicheres Gefühl, als wenn er in die Lage versetzt ist, zu einem ihm unrein angegebenen Intervall einen dritten Ton anzugeben, z. B. zu einer unreinen Quinte die Terz zu singen. Das Resultat ist dann immer, daß er sein Akkommodationsvermögen so stark in Anspruch nimmt, als er irgend vermag. Damit ist aber der Kampf aufgegeben, eine gewisse Gleichgültigkeit eingetreten, und das Stück nicht mehr zu retten.

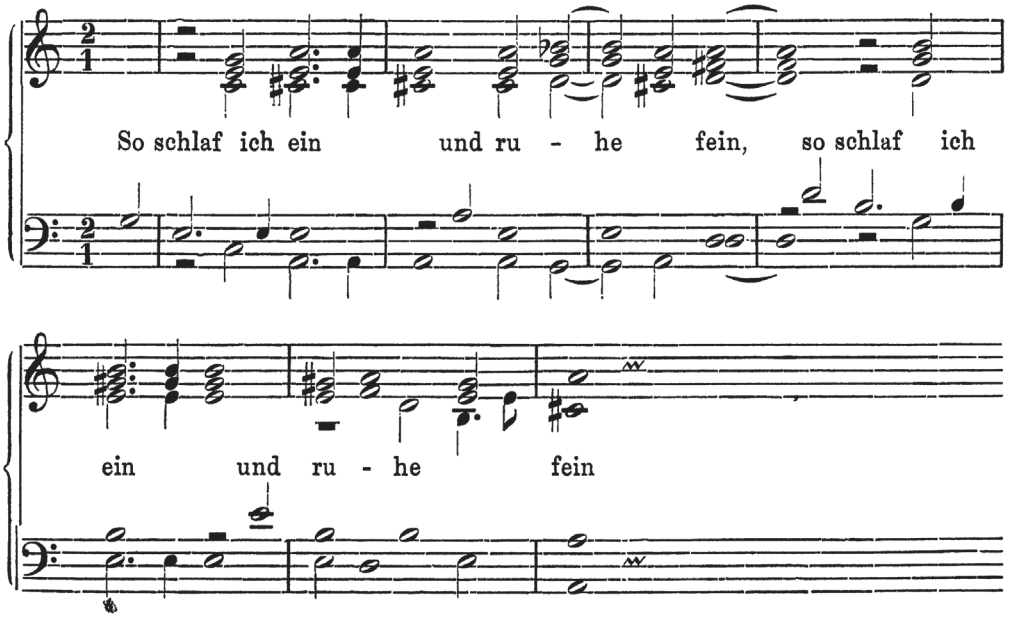
Eine weitere wichtige Bedingung, die das Aufeinanderhören der Stimmen begünstigt, ist ferner, daß die Töne jeder Stimme bequem, namentlich nicht zu hoch liegen, und daß mit dem Athem nicht gespart werden muß. Denn je bequemer die Tonbildung erfolgt, um so mehr kann sich die Aufmerksamkeit des Sängers auf die Tonhöhe konzentriren. Daher ist auch für diese Versuche der Chorgesang besser geeignet als den Sologesang, weil im Chor bei lang gehaltenen Tönen der Athem unregelmäßig und ganz nach dem Belieben des Einzelnen erneuert wird. Ferner ist günstig, daß nicht *forte,* sondern *pianissimo* gesungen wind, da man um so weniger auf die Umgebung zu hören pflegt, je stärker man selber singt. Endlich müssen es möglichst konsonante Akkorde sein, und zwar in sehr langsamem [434] Wechsel, am besten Durdreiklänge in den wohlklingendsten Lagen, weil hier am deutlichsten die Bedingungen der Konsonanz ausgesprochen sind, also auch die Vorzüge der natürlichen Stimmung gegenüber der temperirten am ehesten zum Vorschein kommen müssen.

the slightest alteration, perhaps following a signal from the conductor, immediately all the other voices respond to it as if through a firm, though almost invisible communication. This absolutely necessary watchfulness, indeed excitement, will be encouraged in performances and dress rehearsals through the awareness of the meaning of the moment, so that as a rule the singing will be pure.

Of course, such a tension of feeling is exacting and tiring, yet the effort is immediately rewarded when the refinement of the effect attained is adequate to it, but only in this case. Hence much depends on the purity of the very first entrance, indeed the success of the whole piece often depends on it. If through some mistake the voices do note enter purely, if for example the chorus is divided into two sections of which each section sings purely within itself but does not harmonize with the other section, there ensues a kind of struggle that, especially in concerts, where the conductor cannot interrupt by tapping his baton, can sometimes last for measures. There is no more painful feeling for a singer than when he is displaced in his position in the harmony by having to add a third pitch to an impurely tuned interval, for instance if he has to sing a third in an impure fifth. The result is always that he demands more than he can accomplish through his ability to accommodate. Consequently, he gives up the struggle, a certain indifference sets in, and the piece can no longer be rescued.

Another important condition that favors the mutual hearing of the voices is also that the notes be comfortable to every voice, namely not lying too high, and that the singers must not economize their breath. For the more comfortably the creation of the tone [Tonbildung] unfolds, the more the attention of the singers can concentrate on the pitch. Therefore, choral music is better suited for these investigations than solo song because in a chorus during long sustained notes the breath is unregulated and is renewed completely according to the preference of each singer. Further, it is favorable that the music be sung not *forte* but *pianissimo*, for the louder one sings oneself, the less one hears those around. Finally, as much as possible the music should be consonant chords that are very slowly [434] changing, ideally major triads in the best-sounding register, because here the conditions of consonance can be expressed most clearly, thus also the superiorities of natural above tempered tuning must come to light here more than anywhere else.

Es ist mir nun in der That gelungen, durch gelegentliche, unter den angegebenen Umständen angestellte Beobachtungen die gesuchten Erscheinungen in der praktischen Musik in einzelnen, für ihr Zustandekommen besonders günstigen Fällen aufzufinden. Anstatt mehrere Beispiele kürzer zu berühren, will ich lieber einen einzigen derartigen Fall, der an sich allein schon beweiskräftig ist, ausführlich beschreiben.

Der a *cappella-Chor* der königlichen Hochschule für Musik in Berlin, der von seinem Begründer und derzeitigen Dirigenten, Prof. Adolf Schulze, zu ausgezeichneten Leistungen herangebildet worden ist, führte im Winterhalbjahr 1892/93 einige geistliche Gesänge von Heinrich Schütz[7] auf, darunter einen fünfstimmigen Chor, in dem sich folgende *pianissimo* genommene Stelle befindet:

Bei der ersten Probe pausirte das begleitende Klavier nach dem Beginn dieser Stelle, oder wurde wenigstens so schwach, daß man es nicht hörte; als es dann am Schluß wieder einsetzte, war der Chor inzwischen so gesunken, daß der Dirigent abklopfte und die [435] Stelle mit Klavier wiederholen ließ. Dabei war der Gesang aber keineswegs unrein gewesen, im Gegentheil hatten die konsonanten Dreiklange in dem zarten *pianissimo* ganz besonders gut geklungen. Diese Erscheinung zeigte sich nicht ein einziges Mal, sondern wiederholte sich in der Folge jedesmal wieder, so daß keine

[7] Sämmtliche Werke, herausgeg. von Philipp Spitta. VIII. Band. 1889.

In fact, I have succeeded in finding the sought-for phenomena in the realm of practical music by occasional observations made under the specified conditions, in particular cases especially favorable to their occurrence. Instead of touching on many examples more briefly, I would rather describe completely a single case that is in itself already conclusive.

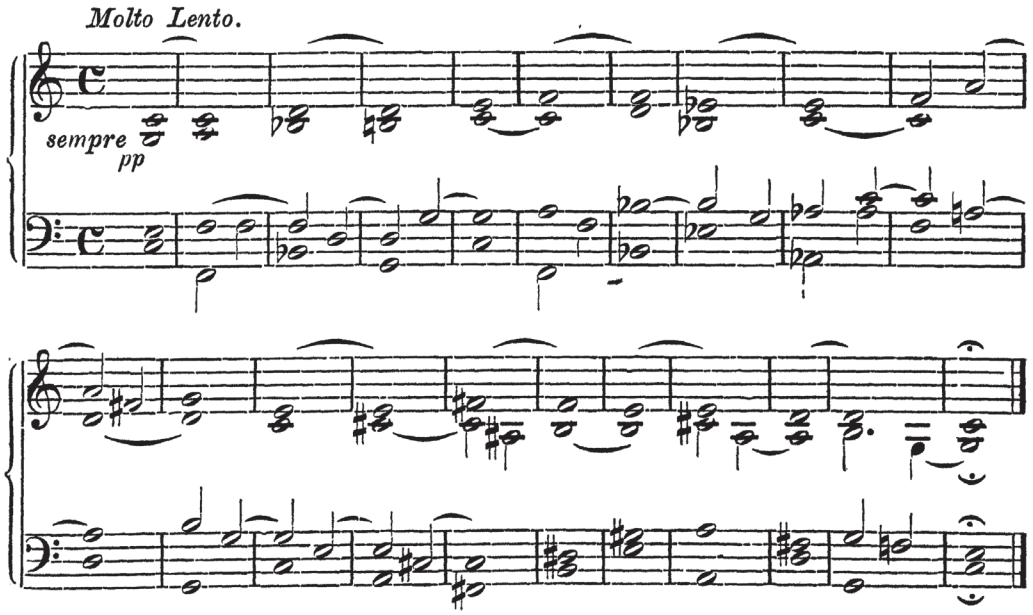
The *a cappella* choir of the Royal *Hochschule für Musik* in Berlin, trained to excellent performances by its founder and present conductor, Prof. Adolf Schulze, during the winter term 1892/93 performed one of the sacred songs of Heinrich Schütz for five-voice chorus,[18] in which the following *pianissimo* passage occurs:

[Example 3. Heinrich Schütz, "So fahr ich hin zu Jesu Christ" (SWV 379, *Geistliche Chorwerke* 1648). Text: "Thus I fall asleep and rest soundly."]

During the first rehearsal the piano accompaniment stopped at the beginning of this passage, or was quiet enough that one could not hear it; when it came in again at the end, the chorus in the meantime had sunk down so far in pitch that the conductor, tapping his baton, interrupted the rehearsal and had the [435] passage repeated with the piano. Thereby the song became in no way impure [in pitch], on the contrary the consonant triads sounded especially good in the delicate pianissimo. This phenomenon showed itself not just the first time but was repeated again every following time,

[18] Schütz 1885, vol. 8.

einzige Probe vorüberging, ohne daß der Tenor daran erinnert wurde, das *e* im ersten und das *h* im vierten Takt recht hoch zu nehmen. Denn offenbar liegt es an der großen Terz des Tenors, der sich später der zweite (bez. der erste) Sopran anschließt, und die nachher zur Quinte wird, daß die natürliche Stimmung hier den ganzen Chor um ein Komma hinunterzwingt.

Zur systematischen Untersuchung derselben Frage habe ich nun eine Reihe von Akkordfolgen zusammengestellt, wie sie einzeln leicht einmal in einer Komposition vorkommen können, und weiche eine auffällige Wirkung hervorbringen müssen, wenn sie in natürlicher Stimmung gesungen werden. Die folgenden 21 Takte enthalten lauter Durdreiklänge, mit dem Grundton im Bass, je zwei aufeinanderfolgende durch einen gemeinsamen Halteton verbunden. Sie beginnen mit *c*-Dur und endigen in *c*-Dur, ohne daß dazwischen irgend eine enharmonische Vertauschung vorgenommen wird. Der an die temperirte Stimmung gewöhnte Musiker wird also darin keinen Grund zu einer Abweichung nach der einen oder der andern Seite finden.

so that no intervening rehearsal happened without the tenor having to be reminded to sing the E in the first measure and the B in the fourth quite sharp. For apparently it depended on the major third of the tenor E [with respect to the C under it] how the second and first sopranos, respectively, later joined in and from here made a fifth [C–G], so that the natural tuning forced the whole chorus down about one comma.

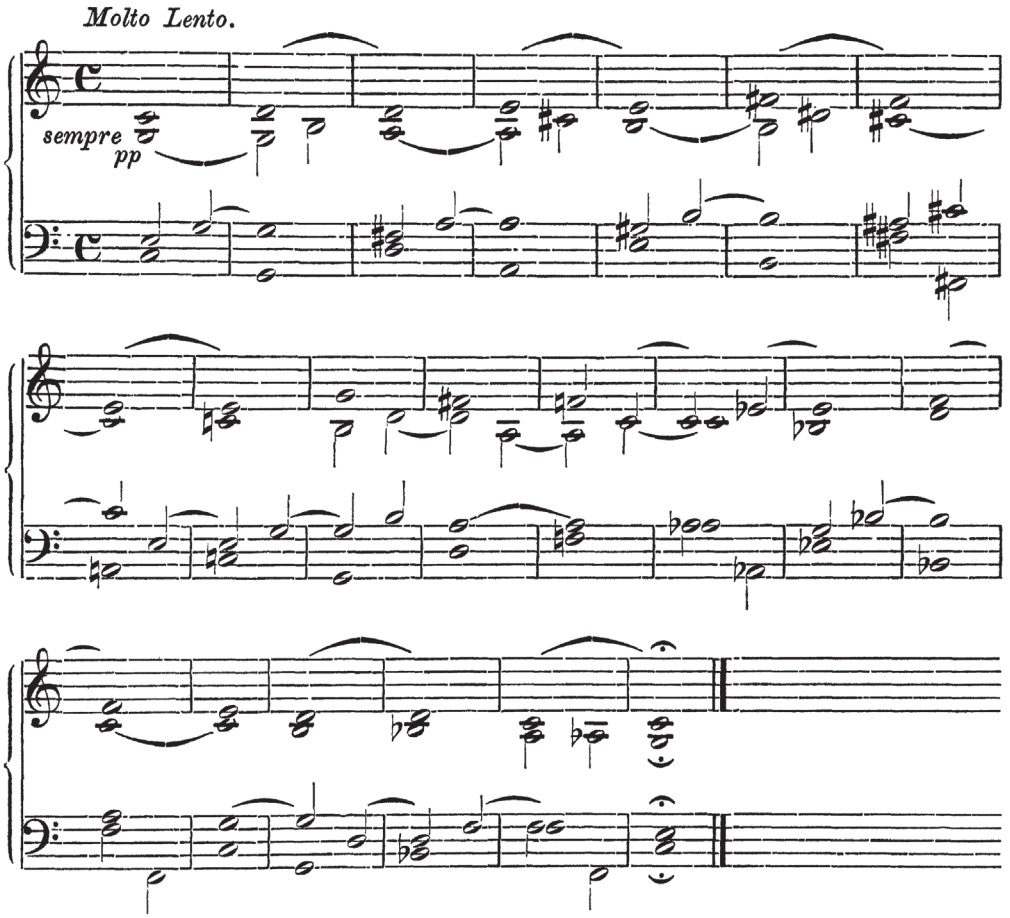
In order to investigate this question systematically, I have now assembled a series of chord progressions such as could easily enough come about in a composition and that must bring about a striking effect if sung in natural tuning. The following twenty-one measures include pure major triads with the fundamental tone in the bass, every two consecutive chords connected by a common tone. The progression begins and ends in C major, without using any enharmonic substitutions in between. A musician trained in tempered tuning will thus find in it no ground for a deviation of pitch to one side or the other.

[Example 4.]

Dennoch sind die Akkordfolgen so eingerichtet, daß, wenn die Haltetöne auf ihrer Höhe ausgehalten und die Dreiklänge durchweg [436] in natürlicher Stimmung genommen werden, das Schluß–*c* um 5 syntonische Komma, also ü b e r einen temperirten Halbton, tiefer ist als das Anfangs-*c*. Dabei sind die Umstände für die Verstärkung dieses Einflusses möglichst günstig gewählt: Konsonante Intervalle, sehr langsames Tempo, wobei ganz nach Belieben und mitten im Takt geathmet werden muß, nicht hohe Lagen, geringe Tonstärke. Hiermit hat also jeder Dirigent ein einfaches Mittel, um sich von dem praktischen Einfluß der natürlichen Stimmung auf den Gesang seines Chors zu überzeugen, und ich möchte hier an alle Diejenigen, welche sich für diese Frage interessiren, die Bitte richten, den beschriebenen Versuch anzustellen; eine Mittheilung des Ergebnisses, wie es auch lauten möge, würde mich jederzeit zu Dank verpflichten. Es würde ja nur nöthig sein, die Stimmen ausschreiben und sie in einer beliebigen Probe (auf irgend einen Vokal oder Silbe) singen zu lassen. Der Anfangsakkord wird auf dem Klavier angegeben, und der Schlußakkord wieder am Klavier kontrollirt. Dabei sind natürlich alle oben beschriebenen Maßregeln zu beobachten [sic; beachten], ferner ist auch darauf zu halten, daß der Satz öfters durchgesungen wird, damit die Stimmen im Treffen der Töne keine Schwierigkeit mehr finden. Denn so lange man damit beschäftigt ist, die Gegend seines eigenen Tones zu suchen, kommt man nicht dazu, den feineren Nüancen seine Aufmersamkeit zuzuwenden. Diese letzteren muß aber der Dirigent den Sängern selbstverständlich ganz überlassen, am Besten wohl, indem er vorher überhaupt kein Wort darüber verliert. Wenn dann am Schluß der Chor wieder auf dem Ausgangs-*c* anlangen sollte, so wäre das ein zwingender Beweis dafür, daß für ihn die natürliche Stimmung auch nicht die geringste praktische Bedeutung hat. Dann wäre es, vom Standpunkt der modernen Kunst betrachtet, lediglich müßige Spekulation, sich noch einen Augenblick länger mit der Theorie der natürlichen Stimmung zu beschäftigen. Aber ich habe nach den oben mitgetheilten Beobachtungen allen Grund zu der Annahme, daß dies meistens nicht der Fall sein wird. Zudem hatten einige mir befreundete musikalische Damen und Herren, denen ich auch an dieser Stelle hierfür meinen herzlichen Dank sage, die Güte, mir die 21 Takte mehrmals vorzusingen, und das Ergebniß war jedesmal ein Sinken um etwa einen halben Ton. Ob dieses Resultat aber ein ganz allgemeines ist, müssen weitere Versuche lehren.

Nevertheless, the chord progressions are so constructed that if the held tones are sustained at pitch and if the triads always [436] are taken in natural tuning, the final C is about five syntonic commas lower than the beginning C, thus *more* than a tempered half step flat.[19] The circumstances that may strengthen this influence most favorably are: consonant intervals, very slow tempo in which breaths must be taken at discretion in the middle of the measure, not a high tessitura, low dynamic intensity. By this means, every conductor has a simple expedient to show the practical influence of natural tuning for the singing of his choir, and I wish here to request all who are interested in this question to take on the investigation I have described; I would be always grateful for a sharing of experiences, whatever the results may be. It is indeed only necessary to write out the parts and let them be sung in some rehearsal, to whatever vowel or syllable. The opening chord should be given by the piano and the final chord again checked by the piano. In this, it will be natural to observe all the rules described above, further it is also to be stressed that the piece be sung through often so that the voices no longer find any difficulty in hitting the pitches. For the more one is busy finding one's own pitch, the less one will pay attention to the finer nuances. The conductor obviously must leave these nuances to the discretion of the singers, best of all not saying anything about them. If at the end the chorus again should arrive at the beginning C, that would be compelling proof that natural tuning has not the slightest practical significance for them. Then it would be, from the standpoint of modern art, merely idle speculation to devote a moment longer to the theory of natural tuning. But from the above observations I have sufficient grounds for the supposition that for the most part this is not the case. Moreover, I have to give my heartfelt thanks here to some friendly musical ladies and gentlemen for the goodness of having sung to me these twenty-one measures many times, resulting every time in a sinking of about a half step. But whether this result is quite general, I must allow other investigators to teach me.

[19] [Planck's claim can most easily be verified with a *Tonnetz* diagram; for helpful parallels in Renaissance practice, see Wild and Schubert 2008. Example 4 implies the path shown above in gray shading in example 1, beginning at the lower right with an implied c^{+3} just to the right of the f^{+3} at the end of row VIII, then proceeding right to left, stepping upwards along the path, ending with an implied c^{-2} g^{-2} just to the left of the d^{-2} at the beginning of row III. As Planck noted (1893a), each vertical step up between rows corresponds to the displacement of the pitch level down by one syntonic comma (80/81); because example 4 traverses five rows, it results in a pitch drop of five syntonic commas.]

Auch die Gegenprobe habe ich versucht, indem ich die obige Akkordfolge gerade umkehrte, wie in den folgenden 21 Takten dargestellt ist. [437]

In natürlicher Stimmung gesungen, führen diese 21 Takte vom Anfangs-*c* bis zum Schluß-*c* um 5 syntonische Komma hinauf. Die Ausführung erwies sich aber als schwieriger, da die entscheidenden Stellen (besonders im 9., 12. und 13. Takt) zuerst auch nicht annähernd richtig getroffen und erst nach mehrmaligem Üben einigermaßen wohlklingend erhalten wurden. Das schließliche Resultat ergab kein Sinken, aber auch nicht das erwartete Steigen der Tonhöhe. Ohne meine Ansicht hierüber als endgültig hinstellen zu wollen, möchte ich die Ursache dieser Erscheinung in dem Umstande suchen, daß der Sänger, nachdem er, wie gewöhnlich, im temperirten Intervall eingesetzt hat, beim Aushalten des Tones immer eher geneigt ist, etwas in der Tonhöhe

I have also studied the counter-trial in which the above chord progression is completely inverted, as is represented in the following twenty-one measures:

[Example 5.]

Sung in natural tuning, these twenty-one measures lead from the beginning C to a final C about five syntonic commas higher.[20] Their execution turns out to be more difficult because the decisive places (especially in measures 9, 12, and 13) at first are not hit accurately and only after many attempts are more euphonious. The final result gives no sinking but also not the expected rise of pitch level. Without wishing to consider my opinion definitive, I am inclined to seek the cause of this phenomenon in the cir-

[20] [Example 5 inverts the *Tonnetz* path used in example 4 and thus leads to a rise in pitch level of five syntonic commas.]

nachzulassen, als hinaufzugehen, und daher die dem ersten Verfahren günstigen Chancen leichter benützt. Hierüber müssen aber noch weitere Erfahrungen gesammelt werden.

Immerhin kann nach allem Bisherigen als feststehend betrachtet werden, daß es in der reinen Vokalmusik Fälle giebt, in denen ein [438]_Chor zum Sinken gebracht wird, nicht durch Unreinsingen, was ja auch sehr häufig vorkommt, sondern gerade im Gegentheil durch Reinsingen, nämlich durch die instinktive Berücksichtigung der natürlichen Stimmung. Diese Fälle beweisen, daß die Differenzen der natürlichen und der temperirten Stimmung die in der praktischen Musik zulässigen Schwankungen der Intervalle unter Umständen merklich überschreiten, und stellen daher jeden Dirigenten vor die Aufgabe, sich darüber ein Urtheil zu bilden. Denn durch Ignoriren würde er einmal von den Leistungen seines Chores einen ganz falschen Begriff bekommen, und außerdem, da er sich der wahren Ursache derartiger Erscheinungen nicht bewußt wäre, auch nicht die richtigen Mittel finden können, dieselben abzustellen bez. in richtiger Weise zu verwerthen.

Damit kommen wir nun zu einer Frage, die zwar streng genommen außerhalb des Rahmens dieser Untersuchung liegt, aber im Zusammenhang dennoch mit einigen Worten berührt werden soll: Wie ist in derartigen Fällen, wie z. B. in der oben citirten Komposition von Schütz zu verfahren? Soll man, um die absolute Tonhöhe nicht aufzugeben, den Chor veranlassen, die Terz im Durdreiklang nicht natürlich, wie das musikalische Gehör es ihm eingiebt, sondern temperirt zu nehmen? oder soll man, jenem nachgebend, auf die konstante Tonika Verzicht leisten? oder soll man endlich, um die Forderungen der natürlichen Stimmung mit dem Festhalten der Tonika zu vereinigen, das Quint-*e* im *a*-Dur-Akkord ein Komma höher nehmen lassen als das Terz-*e* im *c*-Dur-Akkord?

cumstance that after the singer begins as usual in tempered intervals, he is always more inclined to flatten the pitch when prolonging a note than to sharpen, hence more readily avails himself of convenient chances to flatten.[21] On this matter, though, further experiments must be gathered.

In spite of all that can be observed from the foregoing considered as established, in pure vocal music there are cases in which a [438] choir will be brought to flatten the pitch not through impure singing, though that frequently happens, but on the contrary through pure singing, namely through the instinctive regard for natural tuning. These cases prove that the differences between natural and tempered tuning in certain circumstances markedly overstep the admissible variations of intervals allowable in practical music and hence confront every conductor with the task of making a judgment.[22] For through ignoring this he may acquire a completely false concept of the performance of his choir and moreover may not be aware of the true reason for this phenomenon and thus not be able to find the right means to remedy it correctly.

Thereby we come now to a question that, strictly speaking, goes beyond the range of this investigation, but in this connection can be addressed briefly: How is one to proceed in such cases as, for example, the above-cited composition of Schütz? Should one, in order not to give up the absolute pitch level, let the choir sing the third in a triad not in natural tuning, as musical hearing suggests, but in tempered tuning? Or should one, yielding to this, renounce performing a constant tonic? Or, finally, to combine the claim of the natural tuning with holding fast the tonic, should one allow the fifth-E in an A major chord to be taken a comma higher than the third-E in a C major chord?

[21] [That is, having begun in conventional tempered intervals (which are flatter than natural ones), the singer tends to fall behind the (higher) natural pitch, especially during sustained notes (which generally tend to fall in pitch anyway). In the process, the singer falls short of the rising pitch level. Planck has constructed into this example, when sung in natural tuning.]

[22] [Namely, when to insist on natural rather than tempered tuning.]

Zu allererst müßte in einer solchen Frage der Komponist vernommen werden: er allein, der durch das Tonstück zu uns redet, hätte das entscheidende Wort zu sprechen. Wenn aber, wie in dem vorliegenden Falle, diese Instanz nicht mehr zugänglich ist, so müssen andere Erwägungen eintreten, und hier kann nicht genug betont werden, daß die letzte, oberste Entscheidung einzig und allein von der Rücksicht auf die künstlerische Wirkung ausgehen darf. Denn die Kunst findet ihre Begründung in sich selbst, und kein theoretisches System der Musik, wäre es noch so logisch begründet und konsequent durchgeführt, ist im Stande, alle Forderungen der zugleich mit dem menschlichen Geiste ewig wechselnden Kunst ein für alle Mal zu fixiren. In dieser Beziehung hat das natürliche System durchaus keinen Vorzug vor dem temperirten, und es ist daher auch durch Nichts gerechtfertigt, bekannte Kompositionen ohne Weiteres in natürliche Stimmung zu übertragen.

Damit wird allerdings die Möglichkeit einer allgemeinen Beantwortung der aufgeworfenen Frage aufgehoben; aber in speciellen [439] Fällen, so in dem vorliegenden, wird doch eine bestimmte Antwort gefunden werden können. Zunächst dürfte sich die dritte der genannten Möglichkeiten, das Quint-*e* anders zu nehmen als das Terz-*e*, aus dem Grunde verbieten, weil eine kommatische Verschiebung an und für sich immer auffallend und im Sinne einer Dissonanz wirkt (vgl. S. 427) und der Komponist einen solchen Effekt an dieser harmonischen Stelle ganz gewiß nicht beabsichtigt hat. Aber auch die temperirte Terz würde nach meiner Auffassung im Widerspruch stehen mit dem Eindruck der himmlischen Ruhe und Harmonie, welchen die Komposition offenbar gerade hier zum Ausdruck bringen will, entsprechend den Textesworten: »So schlaf ich ein und ruhe fein«, Man sollte hier auch den Umstand nicht unterschätzen, daß der Chor, ganz sich selbst überlassen, wie oben geschildert wurde, thatsächlich zur natürlichen Terz herabsinkt, seiner anerzogenen Gewohnheit zum Trotz, und dadurch gerade den Beweis liefert, daß dem unbefangenen musikalischen Gefühl, das ebenso auch beim Hörer vorbanden sein wird, ein Nachlassen der Spannung; ein sanftes Hinabgleiten in eine neue Welt von Tönen, hier am besten zusagt. Allerdings überschreitet eine solche Modulation die Grenzen der schulmäßig zulässigen Intervalle; aber was liegt daran? Die Schule muß sich doch nach der Kunst richten, nicht umgekehrt. Es handelt sich eben hier um etwas Neues, um eine Bereicherung der für gewöhnlich gebräuchlichen Ausdrucksmittel. Für denjenigen, der das Bedürfniß nach der Rückkehr zur absoluten Tonika hat, bietet sich an irgend einer der folgenden Stellen, namentlich bei Dissonanzen, leicht einmal eine Gelegenheit, wieder in die Höhe zu steigen. Aber gerade an dieser Stelle wäre das nivellirende Festhalten an der tem-

Above all, in such a question the composer must be consulted; he alone, through the composition given us, ought to speak the deciding word. If, though, as in the foregoing case, this court is no longer accessible, then other considerations enter in and here it cannot be sufficiently stressed that the last, highest decision once and for all ought to rest on the consideration of the artistic effect. For art finds its justification in itself and no theoretical system of music, be it ever so logically founded and consistently realized, is capable once and for all of meeting all the demands of the art that is ever changing along with the human spirit. In this connection, the natural system has absolutely no priority over the tempered and there is no justification for performing famous compositions in natural tuning for no particular reason.

Of course, we thereby have negated the possibility of a general answer to the question, but in special [439] cases, as above, we will be able to find a definite answer. To begin with, we ought to eliminate the third of the possibilities given above, [namely] to take the fifth-E differently than the third-E, because a comma shift in and of itself will always have a shocking, dissonant effect (see p. 427) and the composer most certainly did not intend such an effect at this point in the harmony. But also the tempered third would in my view contradict the impression of heavenly rest and harmony that the composition manifestly wishes to express exactly at this point, matching the words of the text: "thus I fall asleep and rest soundly." One ought here also not underestimate the circumstance that the choir, completely left to itself as described above, in fact sinks down to the natural third, despite its acquired habit, and thereby supplies proof that a relaxation of tension, a gentle gliding downward in a new world of tones is most appropriate for the unprejudiced musical feeling that listeners bring as well. To be sure, such a modulation oversteps the bounds of academically allowed intervals, but what of that? Academic rules must regulate themselves according to art, not vice versa. This is a question of something new, of an enrichment of commonly used expressive means. Whoever feels the need to return to the absolute tonic, an opportunity to rise up in [pitch] level readily arises at some subsequent point, particularly at dissonances. But in this passage in particular a leveled [nivelllirende] holding steady of tempered tuning would flatten the expression. The main effect of the whole piece rests on the opposition between the holy peace that has been described and the following agitated passages of struggle [in the Schütz motet]: "it is indeed no other who can fight for us." If it has often been said that natural tuning is colorless, empty, inexpressive, it is to be

perirten Stimmung eine Verflachung des Ausdrucks. Die Hauptwirkung des ganzen Stückes beruht auf dem Gegensatz zwischen der geschilderten seligen Ruhe und den folgenden bewegten Kampfesstellen: »es ist ja doch kein Andrer nicht, der für uns könnte streiten«. Wenn der natürlichen Stimmung öfters nachgesagt wird, sie sei farblos, leer, nichtssagend, so ist an dieser Komposition zu ersehen, daß unter Umständen gerade sie, durch den Gegensatz der Konsonanzen und Dissonanzen, charakteristischer wirkt als die temperirte Stimmung, bei der dieser Gegensatz von geringerer Bedeutung ist.

V.

Zum Schlusse mögen die Hauptergebnisse der vorliegenden Untersuchung noch einmal kurz zusammengefaßt werden.

Die moderne Vokalmusik bedient sich fast durchweg, auch in konsonanten Durdreiklängen, der temperirten Stimmung. Ermöglicht [440] wird dieser Umstand durch das Akkommodationsvermögen, zur Wirklichkeit wird er durch die Gewöhnung unseres Gehörs an die temperirten Intervalle.

Dagegen giebt es einige bestimmt charakterisirte Fälle, in denen ein praktischer Einfluß der natürlichen Stimmung thatsächlich nachweisbar ist. Jedem Dirigenten eines *a cappella*-Chors ist ein einfaches Mittel gegeben, um sich von dem Grad dieses Einflusses bei seinem eigenen Chor zu überzeugen. In jedem solchen Falle entsteht die praktische Frage, welche Stimmung in der Aufführung der Komposition zur Anwendung kommen soll. Hat der Komponist selber darüber keine Vorschrift erlassen, so kann die Frage nur vom ästhetischen Standpunkt aus entschieden werden.

Ob die natürliche Stimmung künftig einmal eine bedeutendere Rolle in der Musik zu spielen berufen ist, als jetzt, vermag heute Niemand zu sagen. Sicher ist nur das Eine, daß dies nur dann geschehen wird, wenn ein Genius ersteht, der in der Sprache der natürlichen Stimmung mehr zu sagen weiß, als in irgend einer anderen; ihm würde gewiß kein principielles Bedenken Stand halten.

Berlin, Oktober 1893.

noted in this composition that in just these circumstances, through the opposition of consonances and dissonances, [natural tuning] catches the character better than tempered tuning, in which this opposition is of less significance.

V.

In conclusion, the main results of the foregoing investigation may briefly be summarized.

Modern vocal music relies almost completely on tempered tuning, especially for consonant major triads. [440] This circumstance is brought about through the power of accommodation, in reality through habituation to hearing tempered intervals.

There are, however, some specific situations in which the practical influence of natural tuning is actually evident. Every conductor of an a cappella choir has an easy means to convince his own choir of the degree of this influence. In each such case, the practical question arises as to which tuning should be applied in the performance of a composition. If the composer himself has left no instructions on the matter, the question can only be decided from an aesthetic standpoint.

No one can say today whether natural tuning will in future again be called to play a significant role in the performance of music. Only one thing is certain: this will happen only if a genius arises who has more to say in the language of natural tuning than in any other. In that case, surely no principled scruple will stop him.